

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 884 950**

51 Int. Cl.:

A61M 60/135 (2011.01)

A61M 60/422 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2018** **PCT/EP2018/074929**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2019** **WO19057636**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2018** **E 18769706 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.07.2021** **EP 3684439**

54 Título: **Bomba de sangre**

30 Prioridad:

19.09.2017 EP 17191940

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.12.2021

73 Titular/es:

ABIOMED EUROPE GMBH (100.0%)

Neuenhofer Weg 3

52074 Aachen, DE

72 Inventor/es:

SIESS, THORSTEN;

KERKHOFFS, WOLFGANG;

SKRODSKY, PETER;

WANG, JIMPO y

GRAUWINKEL, MARIUS

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 884 950 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Bomba de sangre

5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Esta invención se refiere a una bomba de sangre, en concreto, a una bomba de sangre intravascular, para su introducción percutánea en un vaso sanguíneo del paciente, para ayudar al flujo sanguíneo en un vaso sanguíneo del paciente. La bomba de sangre tiene una unidad de accionamiento mejorada que permite la reducción del diámetro exterior de la bomba de sangre.

Se conocen bombas de sangre de diferentes tipos, tales como bombas de sangre axiales, bombas de sangre centrífugas (es decir, radiales) o bombas de sangre de tipo mixto, en las que el flujo sanguíneo es producido por fuerzas tanto axiales como radiales. Las bombas de sangre intravasculares son introducidas en un vaso sanguíneo del paciente, tal como la aorta, por medio de un catéter. Una bomba de sangre comprende, habitualmente, una envoltura de la bomba que tiene una entrada de flujo sanguíneo y una salida de flujo sanguíneo, conectadas mediante un paso. Con el fin de producir un flujo sanguíneo a lo largo del paso de la entrada de flujo sanguíneo a la salida del flujo sanguíneo, un impulsor o rotor está soportado de manera giratoria en el interior de la envoltura de la bomba, estando el impulsor dotado de palas para transportar sangre.

Las bombas de sangre están accionadas, habitualmente, mediante una unidad de accionamiento, que puede ser un motor eléctrico. Por ejemplo, la Patente US 2011/0238172 A1 da a conocer bombas de sangre extracorpóreas que tienen un impulsor que puede ser acoplado magnéticamente a un motor eléctrico. El impulsor comprende imanes que están dispuestos adyacentes a imanes en el motor eléctrico. Debido a las fuerzas de atracción entre los imanes en el impulsor y en el motor, la rotación del motor se transmite al impulsor. Con el fin de reducir el número de partes giratorias, también se conoce, a partir de la Patente US 2011/0238172 A1, la utilización de un campo magnético giratorio, estando dotada la unidad de accionamiento de una pluralidad de bornes estáticos, dispuestos alrededor del eje de rotación, y estando dotado cada borne de un alambre en espiral que está arrollado y actúa como un núcleo magnético. Una unidad de control suministra secuencialmente una tensión a los devanados en espiral para crear el campo magnético giratorio. Con el fin de proporcionar un acoplamiento magnético suficientemente fuerte, las fuerzas magnéticas deben ser lo suficientemente elevadas, lo que se puede conseguir mediante una corriente suficientemente alta suministrada a la unidad de accionamiento, o disponiendo imanes grandes, lo que, no obstante, conduce a un gran diámetro en conjunto de la bomba de sangre. No obstante, se puede producir un alto consumo de energía y generación de calor en dichas unidades de accionamiento. Se conoce otra bomba de sangre de tipo centrífugo a partir de la Patente US 2014/030122 A1. La unidad de accionamiento utiliza un campo magnético giratorio generado mediante bornes estáticos dotados de devanados en espiral. Los bornes pueden estar fabricados de un material ranurado, es decir, pueden comprender pilas de láminas.

40 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es dar a conocer una bomba de sangre, preferentemente una bomba de sangre intravascular o una bomba de sangre transvalvular, dotada de un acoplamiento magnético entre la unidad de accionamiento y el impulsor, en la que la bomba de sangre tiene un diseño compacto, en concreto un diámetro exterior suficientemente pequeño para permitir que la bomba de sangre sea introducida de manera transvascular, transvenosa, transarterial o transvalvular. Además, un objetivo de la presente invención es reducir el consumo de calor y energía de la bomba de sangre, lo que es especialmente útil para aplicaciones a largo plazo en las que la bomba de sangre puede funcionar con baterías, para proporcionar movilidad al paciente.

Este objetivo se consigue, según la presente invención, mediante una bomba de sangre que tiene las características de la reivindicación independiente 1. Las realizaciones preferentes y otros desarrollos de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes de la misma.

Según la invención, la bomba de sangre, que, preferentemente, es una bomba de sangre intravascular y puede ser una bomba de sangre axial o una bomba de sangre diagonal, que bombea parcialmente de manera axial y parcialmente de manera radial (el diámetro de las bombas de sangre centrífugas puras suele ser demasiado grande para las aplicaciones intravasculares), comprende una unidad de accionamiento para hacer girar el impulsor. La unidad de accionamiento comprende una pluralidad de bornes, tal como, como mínimo, dos, como mínimo, tres, como mínimo, cuatro, como mínimo, cinco o, preferentemente, seis bornes, que están dispuestos alrededor del eje de rotación. Es posible un mayor número de bornes, tal como ocho, diez o doce. El número de bornes es, preferentemente, par, para un control equilibrado del impulsor, pero también puede ser impar, tal como tres o cinco. Cada uno de los bornes incluye una parte de vástago y una parte de cabeza, estando orientada la parte de cabeza hacia el impulsor. Con el fin de crear un campo magnético giratorio, un devanado en espiral está dispuesto alrededor de la parte de vástago de cada uno de los bornes, siendo controlables secuencialmente los devanados en espiral para crear el campo magnético giratorio. El impulsor comprende, como mínimo, un imán, que está dispuesto para acoplar magnéticamente el impulsor a la unidad de accionamiento, es decir, para interactuar con el campo magnético giratorio con el fin de producir la rotación del impulsor.

Una unidad de accionamiento que crea un campo electromagnético giratorio permite simplificar la mecánica de la bomba de sangre mediante la reducción del número de piezas móviles en comparación con un motor eléctrico común. Esto también reduce el desgaste, debido a que no es necesario ningún cojinete de contacto para un motor eléctrico. El acoplamiento magnético entre la unidad de accionamiento y el impulsor no solo produce la rotación del impulsor, sino que también permite una alineación correcta del impulsor.

Cada uno de los bornes tiene un eje longitudinal, y la parte de vástago de cada uno de los bornes se extiende a lo largo del eje longitudinal del borne respectivo. Preferentemente, el eje longitudinal de cada borne es paralelo al eje de rotación. La parte de vástago de cada uno de los bornes comprende un material magnético blando que es discontinuo en la sección transversal, preferentemente perpendicular, al eje longitudinal del borne respectivo. En otras palabras, el material magnético blando de los bornes es discontinuo en la sección, transversal, preferentemente perpendicular, a la dirección del flujo magnético producido por el respectivo devanado en espiral en la parte de vástago. Dividiendo o interrumpiendo el material magnético blando en sección transversal, las corrientes parásitas en las partes de vástago de los bornes se pueden reducir o evitar, de tal manera que se puede reducir la generación de calor y el consumo de energía. La reducción del consumo de energía es especialmente útil para aplicaciones a largo plazo de la bomba de sangre, en las que es deseable que la bomba de sangre funcione con baterías para proporcionar movilidad al paciente. Asimismo, en aplicaciones a largo plazo, la bomba de sangre puede funcionar sin purga, lo que solo es posible si la generación de calor es baja.

“Discontinuo” en el sentido del presente documento significa que el material magnético blando, tal como se ve en cualquier sección transversal al eje longitudinal, está interrumpido, separado, cruzado o similar por medio de material aislante o de otros materiales o espacios, con el fin de formar zonas estrictamente separadas de material magnético blando o zonas que están interrumpidas, pero conectadas en una ubicación diferente.

Disponer un material magnético blando discontinuo en planos en sección recta transversales a la dirección del flujo magnético reduce las corrientes parásitas y, por lo tanto, la generación de calor y el consumo de energía, como se explicó anteriormente. Con el fin de no debilitar sustancialmente el campo magnético en comparación con un material magnético blando continuo o de cuerpo completo (es decir, sólido), la cantidad total de material magnético blando debe ser maximizada, mientras se minimizan las zonas continuas de material magnético blando. Esto se puede conseguir, por ejemplo, disponiendo el material magnético blando en forma de una pluralidad de láminas de material magnético blando, tal como acero eléctrico. En concreto, las láminas pueden formar una pila de láminas. Las láminas están aisladas eléctricamente, preferentemente, unas de otras, por ejemplo, mediante un adhesivo, laca, esmalte para horno o similar, entre láminas adyacentes. Dicha disposición se puede denominar “ranurada”. En comparación con un material magnético blando de cuerpo completo, la cantidad de material magnético blando se recupera solo un poco, y la cantidad de material aislante sigue siendo pequeña, de tal manera que el campo magnético producido por un borne ranurado es sustancialmente igual al campo magnético provocado por un borne sólido. En otras palabras, mientras que la generación de calor y el consumo de energía se pueden reducir significativamente, la pérdida de campo magnético provocada por el material aislante es insignificante.

Preferentemente, las láminas se extienden sustancialmente en paralelo al eje longitudinal del borne respectivo. En otras palabras, las láminas se pueden extender sustancialmente en paralelo a la dirección del flujo magnético, de tal manera que las partes de vástago son discontinuas en la sección recta, transversal o perpendicular a la dirección del flujo magnético. Se apreciará que las láminas se pueden extender formando un ángulo con respecto al eje longitudinal del borne respectivo, siempre que el material magnético blando sea discontinuo en la sección recta transversal al eje longitudinal. Las láminas tienen, preferentemente, un grosor en el intervalo comprendido entre, aproximadamente, 25 μm hasta, aproximadamente, 350 μm , más preferentemente entre, aproximadamente, 50 μm hasta, aproximadamente, 200 μm , por ejemplo 100 μm .

Es conocido, en general, disponer material magnético blando ranurado, tal como acero eléctrico, en los motores eléctricos, para evitar o reducir las corrientes parásitas. No obstante, esta tecnología ha sido aplicada en el caso de dispositivos grandes, en los que las láminas suelen tener un grosor en el intervalo comprendido entre, aproximadamente, 500 μm o superior. En aplicaciones pequeñas, tal como la bomba de sangre de la presente invención, en las que uno de los bornes, más específicamente la parte de vástago respectiva, suele tener un diámetro en dicho orden de magnitud, y en las que la entrada de energía es relativamente baja (por ejemplo, hasta 20 vatios (W)), no se esperaban corrientes parásitas y los problemas asociados. Sorprendentemente, a pesar del pequeño diámetro de las partes del vástago, las corrientes parásitas y, por lo tanto, la generación de calor y el consumo de energía, se pueden reducir disponiendo una parte de árbol ranurada. Esto es ventajoso para el funcionamiento de la bomba de sangre, que puede funcionar a una alta velocidad de hasta 50.000 rpm (revoluciones por minuto).

Se apreciará que son posibles otras disposiciones distintas de la disposición ranurada mencionada anteriormente, para proporcionar un material magnético blando discontinuo en las partes de vástago de los bornes. Por ejemplo, en lugar de una pluralidad de láminas, se pueden disponer una pluralidad de alambres, fibras, bornes u otros elementos alargados, para formar cada uno de los bornes de la unidad de accionamiento. Los alambres o similares pueden estar dispuestos en forma de un haz, estando aislados eléctricamente entre sí los alambres, por ejemplo, por medio

de un recubrimiento que rodea cada alambre o de una matriz aislante en la que se incrustan los alambres, y pueden tener diversas formas de sección transversal, tal como circular, redonda, rectangular, cuadrada, poligonal, etc. Asimismo, se pueden disponer partículas de un material magnético blando, lana de alambre u otras estructuras esponjosas o porosas de material magnético blando, en las que el espacio entre las zonas de material magnético blando comprenda un material eléctricamente aislante, tal como un adhesivo, laca, matriz polimérica o similares. Una estructura porosa y, por lo tanto, discontinua, de material magnético blando también puede estar formada por un material sinterizado o prensado. En dicha estructura, se puede suprimir un material aislante adicional, porque las capas aislantes pueden ser formadas automáticamente por las capas de óxido resultantes de la oxidación del material magnético blando por exposición al aire.

Si bien las láminas u otras estructuras de material magnético blando pueden ser formadas uniformemente, es decir, las láminas del interior de uno de los bornes, o de todos los bornes, pueden tener el mismo grosor, o los alambres pueden tener el mismo diámetro, se puede proporcionar una disposición no uniforme. Por ejemplo, las láminas pueden tener un grosor variable o los alambres pueden tener un diámetro variable. Más específicamente, en concreto con respecto a una pila de láminas, una o varias láminas centrales pueden tener un grosor mayor, mientras que las láminas adyacentes hacia los extremos de la pila pueden tener un grosor menor, es decir, el grosor de las láminas disminuye del centro a los extremos de la pila, es decir, hacia las láminas más exteriores de la pila. De manera similar, uno o varios alambres centrales en un haz de alambres pueden tener un diámetro mayor, mientras que los alambres en el borde de la parte del eje del borne pueden tener un diámetro menor, es decir, el diámetro de los alambres puede disminuir del centro hacia los bordes del haz, es decir, hacia los alambres más exteriores del haz. Disponer una zona continua más grande de material magnético blando en el centro de la parte del vástago con respecto a una sección transversal a su eje longitudinal, es decir, láminas o alambres relativamente gruesos en el centro, puede ser ventajoso, porque esto puede mejorar el flujo magnético a través del centro a lo largo del eje longitudinal de cada borne, y las corrientes parásitas en el centro son menos relevantes que las corrientes parásitas en los lados de los bornes. En otras palabras, dicha disposición puede ser ventajosa porque las corrientes parásitas en las regiones laterales de las partes del vástago son más críticas y pueden ser reducidas mediante láminas delgadas o alambres en las zonas laterales.

En una realización, la parte de cabeza de cada uno de los bornes puede comprender un material magnético blando que es discontinuo en la sección transversal perpendicular al eje longitudinal del borne respectivo. Sustancialmente, todas las características y explicaciones expuestas anteriormente con respecto al material discontinuo de las partes del vástago son válidas para las partes de la cabeza. Por ejemplo, al igual que las partes del vástago, las partes de la cabeza pueden estar ranuradas, y las láminas de las partes de la cabeza están aisladas eléctricamente, preferentemente, unas de otras. Puesto que el flujo magnético en las partes de la cabeza es sustancialmente paralelo al eje de rotación o al eje longitudinal del borne respectivo, especialmente si las partes de cabeza no tienen superficies inclinadas como se describirá a continuación, el material magnético blando de las partes de la cabeza puede estar dispuesto en forma de una pluralidad de láminas que se extienden paralelas al eje longitudinal del borne respectivo, o al eje de rotación. En otras palabras, las láminas de las partes de la cabeza se pueden extender sustancialmente en la misma dirección que las láminas de las partes del vástago. Tal como se explicó anteriormente, las corrientes parásitas y, por lo tanto, la generación de calor y el consumo de energía se pueden reducir. No obstante, puesto que las corrientes parásitas en las partes de la cabeza son normalmente bajas, el efecto de un material discontinuo en comparación con un material sólido no es tan significativo como en las partes del vástago. Por lo tanto, las partes de la cabeza pueden estar formadas alternativamente de material magnético blando, continuo, es decir, sólido.

La unidad de accionamiento puede comprender, además, una placa posterior, que puede acoplar los extremos de las partes de vástago de la pluralidad de bornes que están opuestos a las partes de cabeza. En una realización, la placa posterior puede comprender una pluralidad de aberturas, dispuestas alrededor del eje de rotación, para recibir dichos extremos de las partes de vástago, preferentemente a una distancia angular regular. No obstante, se apreciará que el borne puede ser unido, conectado o fijado a la placa posterior por otros medios, ya sea de manera permanente o liberable. La placa posterior sirve especialmente para cerrar el circuito de flujo magnético, para facilitar y aumentar la generación de flujo magnético y mejorar la capacidad de acoplamiento. Puesto que el flujo magnético aumenta mediante la placa posterior, el diámetro total de la bomba de sangre se puede reducir, lo que es especialmente ventajoso para las bombas de sangre intravasculares. La disposición que incluye los bornes con la placa posterior permite, además, altas frecuencias de la bomba de sangre, es decir, la bomba de sangre puede funcionar a alta velocidad, por ejemplo, hasta aproximadamente 50.000 rpm. Además, a medida que la placa posterior se acopla a los bornes, la placa posterior proporciona estabilidad estructural para el montaje del borne.

Al igual que las partes de vástago y, posiblemente, las partes de cabeza de los bornes, la placa posterior puede comprender un material magnético blando discontinuo. Puesto que el flujo magnético en la placa posterior es sustancialmente transversal o perpendicular al eje de rotación, el material magnético blando de la placa posterior es, preferentemente, discontinuo en una sección transversal paralela al eje de rotación. Aparte de eso, sustancialmente todas las características y explicaciones mencionadas anteriormente con respecto al material discontinuo de las partes de vástago son válidas también para la placa posterior. Por ejemplo, al igual que las partes de vástago, la placa posterior puede tener ranuras, es decir, puede estar formada por una pluralidad de láminas apiladas, y las láminas de la placa posterior están aisladas eléctricamente, preferentemente, unas de otras. Las láminas de la placa

posterior se pueden extender, sustancialmente, de manera perpendicular a las láminas de las partes de vástago y, sustancialmente, paralelas a las láminas de las partes de vástago. Tal como se explica en lo mencionado anteriormente, se pueden reducir las corrientes parásitas y, por lo tanto, la generación de calor y el consumo de energía. No obstante, la placa posterior puede estar formada, alternativamente, de material magnético blando continuo, es decir, sólido.

La placa posterior, al igual que los bornes, está fabricada, preferentemente, de un material magnético blando, tal como acero eléctrico (acero magnético) u otro material adecuado para cerrar el circuito de flujo magnético, preferentemente, acero al cobalto. El diámetro de la placa posterior puede estar comprendido entre, aproximadamente, 3 mm y 9 mm, tal como entre 5 mm o 6 mm y 7 mm. El grosor de la placa posterior puede estar comprendido entre, aproximadamente, 0,5 mm y, aproximadamente, 2,5 mm, tal como 1,5 mm. El diámetro exterior de la bomba de sangre puede estar comprendido entre, aproximadamente, 4 mm y, aproximadamente, 10 mm, pudiendo ser, preferentemente, de aproximadamente 6 mm. El diámetro exterior de la disposición de la pluralidad de bornes, en concreto el diámetro exterior más grande de la disposición de la pluralidad de bornes que es medido en las partes de cabeza de los bornes, puede estar comprendido entre aproximadamente 3 mm y 8 mm, tal como entre 4 mm y 6 mm, preferentemente 5 mm.

Tal como se indicó anteriormente, los bornes están fabricados de un material magnético blando, tal como acero eléctrico (acero magnético). Los bornes y las placas posteriores pueden estar fabricados del mismo material. Preferentemente, la unidad de accionamiento, incluidos los bornes y la placa posterior, está fabricada de acero al cobalto. La utilización del acero al cobalto contribuye a reducir el tamaño de la bomba, en concreto el diámetro. Con la mayor permeabilidad magnética y la mayor densidad de flujo de saturación magnética entre todos los aceros magnéticos, el acero al cobalto produce el máximo flujo magnético para la misma cantidad de material utilizado.

Las dimensiones de los bornes, en concreto la longitud y el área de la sección transversal, pueden variar y depender de diversos factores. En contraste con las dimensiones de la bomba de sangre, por ejemplo, el diámetro exterior, que depende de la aplicación de la bomba de sangre, las dimensiones de los bornes están determinadas por las propiedades electromagnéticas, que son ajustadas para conseguir un funcionamiento deseado de la unidad de accionamiento. Uno de los factores es la densidad de flujo que se debe conseguir por medio del área de la sección transversal más pequeña de los bornes. Cuanto menor sea el área de la sección transversal, mayor será la corriente necesaria para conseguir el flujo magnético deseado. No obstante, una corriente más alta genera más calor en el alambre en espiral, debido a la resistencia eléctrica. Eso significa que, aunque se prefieren bornes "delgados" para reducir el tamaño total, esto requeriría una alta corriente y, por lo tanto, produciría un calor no deseado. El calor generado en el alambre también depende de la longitud y el diámetro del alambre utilizado para los devanados en espiral. Se prefiere una longitud de alambre corta y un diámetro de alambre grande, para minimizar la pérdida del devanado (denominada "pérdida de cobre" o "pérdida de potencia de cobre" si se utilizan alambres de cobre, que suele ser el caso). En otras palabras, si el diámetro del alambre es pequeño, se genera más calor en comparación con un alambre más grueso para la misma corriente, estando comprendido el diámetro de alambre preferente, por ejemplo, entre 0,05 mm y 0,2 mm, tal como 0,1 mm. Otros factores que influyen en las dimensiones del borne y en el funcionamiento de la unidad de accionamiento son el número de devanados en espiral y el diámetro exterior de los devanados, es decir, el borne, incluidos los devanados. Se puede disponer un gran número de devanados en más de una capa alrededor de cada borne, por ejemplo, pueden estar dispuestos en dos o tres capas. No obstante, cuanto mayor sea el número de capas, más calor se generará debido al aumento de la longitud del alambre en las capas exteriores que tienen un diámetro de devanado mayor. La mayor longitud del alambre puede generar más calor, debido a la mayor resistencia de un alambre largo en comparación con uno más corto. Por lo tanto, sería preferente una sola capa de devanados con un diámetro de devanado pequeño.

Un número habitual de devanados que, a su vez, depende de la longitud del borne, puede estar comprendido entre aproximadamente 50 y aproximadamente 150, por ejemplo, 56 o 132. Independientemente del número de devanados, los devanados en espiral están fabricados de un material eléctricamente conductor, en concreto de metal, tal como el cobre o la plata. Se puede preferir la plata al cobre porque la plata tiene una resistencia eléctrica que es, aproximadamente, un 5 % menor que la resistencia eléctrica del cobre.

En una realización, el impulsor también puede comprender un yugo o placa posterior que está unido, como mínimo, a un imán del impulsor, preferentemente en un lado del impulsor que está orientado hacia el exterior de la unidad de accionamiento, por ejemplo, entre el imán y las palas del impulsor. Al igual que la placa posterior que está unida a los extremos de los vástagos de los bornes, el yugo o placa posterior del impulsor sirve para cerrar el circuito de flujo magnético para aumentar la generación de flujo magnético y mejorar la capacidad de acoplamiento. Puede ser de acero magnético, preferentemente, acero al cobalto.

Con el fin de aumentar la densidad del acoplamiento magnético entre la unidad de accionamiento y los imanes del impulsor, puede ser ventajoso activar varios bornes simultáneamente, en los que "activar" significa suministrar energía eléctrica al devanado en espiral respectivo para crear un imán del polo respectivo. Por ejemplo, más de la mitad de los bornes pueden ser activados al mismo tiempo, tal como cuatro de seis bornes, dependiendo del número de bornes y del número de imanes en el impulsor. Preferentemente, la disposición de los bornes activados e inactivados es rotacionalmente simétrica, y los bornes son controlados, preferentemente, en parejas de bornes

diametralmente opuestos.

Puede ser ventajoso, además, para la eficiencia y el rendimiento de la unidad de accionamiento, si los bornes están magnéticamente aislados unos de otros. De este modo, se puede disponer un material magnéticamente aislante entre las partes de cabeza de los bornes adyacentes para separar los bornes entre sí y mantener el campo magnético correspondiente dentro del respectivo borne. El material magnéticamente aislante puede ser un material magnético, cuyo campo magnético mantiene el campo electromagnético producido por los devanados en espiral dentro del borne respectivo. Como mínimo, se puede disponer un espacio de aire o de otro material aislante, es decir, eléctricamente no conductor, entre las partes de cabeza de los bornes, para evitar un cortocircuito entre los bornes.

En una realización, la parte de cabeza, como mínimo, de uno de los bornes, preferentemente, de cada uno de los bornes, tiene una superficie superior que está inclinada en un ángulo con respecto a un plano perpendicular al eje de rotación. La distancia entre el eje de rotación y el centro en la dirección radial de dicha superficie inclinada puede ser menor o igual a la distancia entre el eje de rotación y el centro en la dirección radial del área de la sección transversal de la parte de eje del borne respectivo. El centro en la dirección radial de una superficie o zona es el centro entre un punto radialmente más interior y un punto radialmente más exterior de la superficie o zona. En otras palabras, la superficie superior inclinada de la parte de cabeza, que es la superficie orientada hacia el impulsor, se puede extender oblicuamente o puede estar inclinada formando un ángulo con respecto al eje de rotación, y la mitad o más de la superficie inclinada puede estar situada radialmente hacia el interior con respecto al centro de la parte de vástago. Esto permite que el diámetro exterior de la unidad de accionamiento y, por lo tanto, de la bomba de sangre, se mantenga en el mínimo necesario para acoplar magnéticamente la unidad de accionamiento al impulsor. Este diseño de diámetro reducido es especialmente ventajoso para bombas de sangre intravasculares que están situadas dentro de un vaso sanguíneo del paciente durante el funcionamiento de la bomba y pueden ser implantadas por medio de un catéter. Además, la superficie de acoplamiento inclinada proporciona un centrado radial del impulsor. El ángulo mencionado anteriormente es, preferentemente, de 45°, pero puede estar comprendido entre, aproximadamente, 0° y aproximadamente 90°, preferentemente, entre aproximadamente 30° y, aproximadamente, 60°, más, preferentemente, entre aproximadamente 40° y, aproximadamente, 50°, con respecto a un plano perpendicular al eje de rotación. Las superficies inclinadas de los bornes están orientadas, preferentemente, radialmente hacia el exterior, es decir, adoptan una forma convexa. Alternativamente, las superficies inclinadas pueden estar orientadas radialmente hacia el interior para adoptar una forma cóncava.

En otra realización, las superficies superiores de las partes de cabeza de los bornes pueden ser perpendiculares al eje de rotación. En otras palabras, las superficies superiores de las partes de cabeza pueden no tener inclinación en comparación con la realización antes mencionada, de tal manera que las partes de cabeza no adoptan una forma cónica, sino que forman una superficie plana. En consecuencia, los imanes en esta realización no están inclinados, sino que forman un plano que es paralelo al plano formado por las superficies superiores de las partes de cabeza.

Preferentemente, todos los bornes son idénticos, de tal manera que la unidad de accionamiento es simétrica con respecto al eje de rotación. No obstante, se apreciará que los bornes no tienen que ser exactamente idénticos, siempre que sean compatibles para formar la unidad de accionamiento según la invención. No obstante, es preferente que las partes de vástago tengan la misma longitud y que las superficies inclinadas de las partes de cabeza tengan el mismo ángulo de inclinación. Se pueden disponer diferentes bornes de manera irregular o regular para formar la unidad de accionamiento, por ejemplo, de manera alternada.

La superficie superior de la parte de cabeza, preferentemente de cada una de las partes de cabeza, inclinada o no, tal como se explicó anteriormente, puede estar alineada radialmente, o estar situada radialmente, hacia el interior o hacia el exterior con respecto a la superficie más exterior del devanado en espiral del borne respectivo. La superficie superior se extiende preferentemente de manera radial hacia el interior más allá de la parte de vástago respectiva hacia el eje de rotación, para maximizar el área de la superficie del cojinete magnético, mientras se minimiza el diámetro exterior de la unidad de accionamiento. Por ejemplo, en una proyección axial, es decir, tal como se ve en una vista superior en dirección axial, la superficie superior de la parte de cabeza puede estar situada en el interior del devanado en espiral o puede estar, como mínimo, alineada con el vástago o el devanado en espiral en una dirección axial. En otra realización, la parte de cabeza se puede extender más allá de la circunferencia exterior del devanado en espiral en una dirección radial y/o circunferencial. La parte de cabeza puede tener una dimensión de la sección transversal mayor que la parte de vástago respectiva en un plano perpendicular al eje de rotación, sin extenderse el devanado en espiral respectivo, preferentemente, más allá de la parte de cabeza, como mínimo, en una dirección radial. En otras palabras, la parte de cabeza puede formar un resalte, que puede actuar como un tope axial para el devanado en espiral, así como una limitación radial.

En caso de que las superficies superiores de las partes de cabeza sean oblicuas o inclinadas, como mínimo, una de las partes de cabeza, preferentemente todas las partes de cabeza, pueden ser sustancialmente triangulares o trapezoidales en sección transversal a lo largo de un plano que incluye el eje de rotación. En el estado ensamblado, las superficies oblicuas o inclinadas de las partes de cabeza pueden formar juntas una superficie cónica o una superficie sustancialmente cónica, por ejemplo, una superficie que tiene facetas pero que forma aproximadamente una superficie cónica. En general, la forma de la superficie conformada puede ser convexa. De manera ilustrativa, las partes de cabeza pueden ser unidas como porciones de un pastel para formar una disposición circular que tenga

una superficie superior cónica. Como mínimo, un imán del impulsor puede tener o puede formar un rebaje cónico o sustancialmente cónico que corresponda sustancialmente en tamaño y forma a la superficie cónica formada por las partes de cabeza de los bornes. En general, el imán puede formar una superficie cóncava orientada hacia la superficie convexa formada por los bornes para mejorar el acoplamiento magnético. En otra realización, la disposición de las superficies cóncava y convexa puede ser la inversa, es decir, las partes de cabeza de los bornes pueden formar un rebaje cónico, mientras que el imán forma una superficie cónica convexa.

Las respectivas superficies convexa y cóncava de la unidad de accionamiento y el impulsor, respectivamente, pueden formar un espacio de tal manera que la distancia entre las superficies sea constante. Preferentemente, no obstante, la distancia del espacio no es constante, sino que se elige de manera que el área de la sección transversal del espacio, vista en dirección circunferencial, sea constante en dirección radial. En el último caso, la distancia entre las superficies aumenta hacia el eje de rotación. También se pueden prever combinaciones. La forma y dimensión del espacio entre el impulsor y la unidad de accionamiento pueden contribuir a las capacidades hidrodinámicas de los cojinetes. De manera similar, dicho espacio se dispone si las superficies superiores de las partes de cabeza no están inclinadas.

El imán del impulsor puede estar formado como una sola pieza que tiene el rebaje cónico o sustancialmente cónico que corresponde a la forma de las partes de cabeza de los bornes, incluyendo un espacio con una distancia variable tal como se explicó anteriormente. No obstante, se apreciará que se pueden disponer una pluralidad de imanes, tal como dos o más, por ejemplo, cuatro, preferentemente, seis imanes, o incluso ocho, diez o doce imanes, que estén dispuestos en el impulsor alrededor del eje de rotación y formen el rebaje cónico. Disponer una pluralidad de imanes, preferentemente un número par, más preferentemente un número correspondiente al número de bornes, es ventajoso, porque los imanes pueden estar dispuestos con orientaciones alternadas norte/sur del campo magnético, sin zonas muertas. Si el imán está dispuesto como una sola pieza, se pueden crear zonas muertas en las transiciones entre campos magnéticos orientados de manera diferente. Se apreciará que la estructura mencionada anteriormente también se puede aplicar si el imán o imanes y las superficies superiores de las partes de cabeza no están inclinadas, sino que se encuentran en planos perpendiculares al eje de rotación.

Si el impulsor incluye una pluralidad de imanes, los imanes pueden estar dispuestos sustancialmente sin espacios entre los imanes individuales, con el fin de aumentar la cantidad de material magnético. No obstante, se ha descubierto que la eficiencia del acoplamiento magnético no disminuye si los imanes están separados por espacios, en concreto, espacios que se extienden radialmente. Esto se debe a las características del campo magnético y el espacio entre la unidad de accionamiento y el impulsor. Si los imanes en el impulsor están cerca uno del otro, las líneas de campo magnético más internas, que se extienden en un arco desde un imán (norte) hasta un imán adyacente (sur), no se extienden más allá del espacio entre la unidad de accionamiento y el impulsor y, por lo tanto, no alcanzan la unidad de accionamiento, es decir, no contribuyen al accionamiento del impulsor. Por lo tanto, no hay pérdida de eficiencia si se dispone un espacio entre los imanes en el impulsor. El tamaño del espacio entre los imanes en el impulsor que se puede disponer sin pérdida de eficiencia del accionamiento depende del tamaño del espacio entre el impulsor y la unidad de accionamiento, tal como puede calcular un experto en la materia. Por lo tanto, los espacios entre los imanes del impulsor pueden ser utilizados como canales de lavado.

En términos generales, e independientemente de si las partes de cabeza forman una superficie cónica, el imán del impulsor puede tener una superficie orientada hacia las partes de cabeza de los bornes, y estar inclinado en un ángulo sustancialmente correspondiente al ángulo de las superficies inclinadas de las partes de cabeza. Por ejemplo, la disposición puede ser la inversa de la disposición mencionada anteriormente, es decir, las partes de cabeza de los bornes pueden formar una superficie cóncava, tal como un rebaje cónico, y el imán del impulsor puede formar una superficie convexa, tal como una superficie cónica. Esto también se aplica si las superficies no están inclinadas, es decir, si el ángulo mencionado anteriormente es de 90 grados con respecto al eje de rotación.

Independientemente de la inclinación de las superficies respectivas, el imán o los imanes del impulsor pueden estar alineados radialmente con las partes de cabeza de los bornes. No obstante, en algunas realizaciones, el imán o los imanes del impulsor pueden estar desplazados radialmente con respecto a las partes de cabeza de los bornes, tal como radialmente hacia el interior o radialmente hacia el exterior. Este desplazamiento radial puede mejorar la estabilización y el centrado radial del impulsor, porque las fuerzas magnéticas entre el impulsor y la unidad de accionamiento tienen una componente radial, mientras que las fuerzas magnéticas están dirigidas simplemente sustancialmente de manera axial si los imanes están alineados radialmente con la parte de cabeza de los bornes.

En una realización, el impulsor se puede extender, como mínimo parcialmente, alrededor de la unidad de accionamiento, en concreto de las partes de cabeza de los bornes. En otras palabras, el impulsor puede tener una prolongación que se superpone a la unidad de accionamiento en dirección circunferencial. Eso significa que el acoplamiento magnético tiene lugar no solo en la zona de las superficies inclinadas de las partes de cabeza de los bornes, sino también en las superficies laterales radialmente exteriores de los mismos. El impulsor puede tener un diámetro más grande, en concreto un diámetro mayor que la unidad de accionamiento, de tal manera que el impulsor se puede extender alrededor de la zona de las partes de cabeza de los bornes. El impulsor puede tener, por lo tanto, un rebaje que tenga una parte cónica, tal como se describió anteriormente, y una parte cilíndrica. El acoplamiento magnético se puede mejorar mediante este diseño del impulsor, porque el impulsor y la unidad de

accionamiento también están acoplados en dirección radial, donde las líneas del campo magnético se extienden en una dirección radial. En esta zona, se puede crear un par de torsión alto, para accionar el impulsor debido al mayor diámetro.

- 5 En una realización, la bomba de sangre intravascular puede comprender, además, un alojamiento que rodea la unidad de accionamiento, correspondiendo preferentemente el alojamiento en tamaño y forma a un contorno exterior de la pluralidad de bornes. En concreto, el alojamiento puede tener una superficie extrema axial cónica correspondiente a la forma de la superficie formada por las superficies inclinadas de las partes de cabeza de los bornes. El extremo opuesto puede estar abierto, y puede ser acoplado a la placa posterior para cerrar el alojamiento.
- 10 El alojamiento sirve como protección para el montaje del borne, particularmente como protección contra el contacto con la sangre, lo cual es especialmente útil para los devanados en espiral. Preferentemente, el alojamiento está dispuesto en el interior de la envoltura de la bomba. Independientemente de la presencia de dicho alojamiento, la unidad de accionamiento está dispuesta preferentemente en el interior de la envoltura de la bomba. El alojamiento está fabricado, preferentemente, de un material no magnético y no conductor (es decir, eléctricamente aislante) y proporciona una buena transferencia de calor. El material del alojamiento puede ser, por ejemplo, aluminio.
- 15

Los devanados en espiral pueden estar incrustados en una matriz térmicamente conductora, que es eléctricamente no conductora (es decir, eléctricamente aislante). La matriz protege los devanados en espiral y transfiere el calor producido por los devanados en espiral. El material de la matriz térmicamente conductora puede ser un material plástico con aditivos, con el fin de aumentar las características térmicamente conductoras. Por ejemplo, la matriz puede comprender una resina epoxi con aditivos de aluminio. La matriz puede ser formada moldeando el material alrededor de los devanados en espiral y entre los mismos, y endureciendo posteriormente el material.

20

La unidad de accionamiento puede tener una abertura central que se extiende a lo largo del eje de rotación. La abertura central puede estar formada por las partes de cabeza de los bornes, y puede estar configurada para recibir una clavija o un vástago alargado, siendo una superficie extrema axial de la clavija de tamaño y dimensiones para formar una superficie de apoyo para el impulsor. Esta disposición permite un diseño compacto de la bomba de sangre porque el espacio entre los bornes se utiliza para la clavija. El otro extremo de la clavija puede estar soportado por la envoltura de la bomba. La abertura central también puede estar dispuesta para la introducción de un alambre de guía o similar, o puede formar una ruta para el fluido. En otra realización en la que la bomba de sangre no tiene un vástago que se extiende completamente a través de la unidad de accionamiento, se puede omitir dicha abertura central.

25

30

Con el fin de mejorar un flujo de lavado a través del espacio entre el impulsor y la unidad de accionamiento, se puede disponer un juego secundario de palas en el impulsor. En concreto, se pueden disponer palas secundarias en el lado del imán o imanes orientados hacia la unidad de accionamiento, es decir, en el espacio entre el impulsor y la unidad de accionamiento. El flujo de lavado puede ser aumentado adicional o alternativamente mediante canales que están incrustados en la superficie del imán orientada hacia la unidad de accionamiento. Los canales se pueden extender, por ejemplo, radial o helicoidalmente.

35

40

En una realización, uno o varios cojinetes hidrodinámicos pueden estar dispuestos para soportar el impulsor. Por ejemplo, las palas secundarias y los canales mencionados anteriormente pueden formar un cojinete hidrodinámico o, como mínimo, soportar capacidades de cojinete hidrodinámico, tal como se mencionó anteriormente con respecto al tamaño y la forma del espacio entre el impulsor y la unidad de accionamiento. A la inversa, la superficie de la unidad de accionamiento orientada hacia el impulsor, es decir, en concreto la superficie extrema del alojamiento que rodea la unidad de accionamiento, puede estar adaptada para formar un cojinete hidrodinámico. El cojinete hidrodinámico puede ser axial o radial, o tanto axial como radial. En concreto, debido a la forma cónica de la interfaz entre el impulsor y la unidad de accionamiento, se puede formar un cojinete hidrodinámico en ambas direcciones, radial y axial. También se puede formar un cojinete hidrodinámico radial entre la superficie exterior del impulsor y la superficie interior de la envoltura de la bomba. En concreto, se puede formar un espacio entre el impulsor y la envoltura de la bomba, donde una cantidad de sangre suficiente para el cojinete hidrodinámico fluye a través del espacio y sale de la envoltura de la bomba a través de una salida de flujo de sangre adicional. El flujo sanguíneo principal sale de la envoltura de la bomba a través de la salida del flujo sanguíneo, y no fluye a través del espacio. Los cojinetes hidrodinámicos, que son cojinetes sin contacto, pueden soportar la función de la unidad de accionamiento, reduciendo las fuerzas de fricción.

45

50

55

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferentes, se comprenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos adjuntos. Con el fin de mostrar la presente invención, se hace referencia a los dibujos. No obstante, el alcance de la invención no está limitado a las realizaciones específicas dadas a conocer en los dibujos. En los dibujos:

60

La figura 1 muestra una vista, en sección transversal, de una bomba de sangre, según la invención.

65

La figura 2a muestra un detalle ampliado de la bomba de sangre de la figura 1.

La figura 2b muestra la misma vista que la figura 2a, según una realización alternativa.

La figura 3 muestra una vista, en perspectiva, de un borne de una unidad de accionamiento.

Las figuras 4a a 4d muestran diferentes vistas de otra realización de un borne.

La figura 5 muestra una disposición que incluye seis bornes.

La figura 6 muestra la disposición de la figura 5 junto con una placa posterior.

La figura 7 muestra la disposición de la figura 6 junto con devanados en espiral.

La figura 8 muestra la disposición de la figura 7 junto con un alojamiento.

Las figuras 9a a 9c muestran diferentes vistas de una placa posterior.

Las figuras 10a a 10c muestran diferentes vistas de los imanes del impulsor.

La figura 11 muestra otra realización de una unidad de accionamiento.

La figura 12 muestra otra realización de una bomba de sangre.

Las figuras 13a y 13b muestran diferentes vistas de una unidad de accionamiento e imanes del impulsor, según otra realización.

Las figuras 14a y 14b muestran esquemáticamente las líneas de campo magnético entre los imanes del impulsor.

La figura 15 muestra una vista, en sección transversal, de una unidad de accionamiento e imanes del impulsor, según otra realización.

La figura 16 muestra, esquemáticamente, un modo de funcionamiento de la unidad de accionamiento.

La figura 17 muestra otra realización de una unidad de accionamiento.

La figura 18 muestra la placa posterior de la unidad de accionamiento de la figura 17.

La figura 19a muestra una vista lateral de un borne de la unidad de accionamiento de la figura 17.

La figura 19b muestra otra realización de un borne.

La figura 19c muestra una vista, en perspectiva, de otra realización más de un borne.

La figura 19d muestra una vista, en perspectiva, de otra realización más de un borne.

Las figuras 20a y 20b muestran la unidad de accionamiento de la figura 17 con diferentes imanes.

21a a 21j muestran secciones transversales a través de las partes de vástago de los bornes según diversas realizaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra una vista, en sección transversal, de una bomba de sangre 1. La figura 2 muestra una vista ampliada del interior de la bomba de sangre 1. La bomba de sangre 1 comprende una envoltura 2 de la bomba con una entrada 21 de flujo sanguíneo y una salida 22 de flujo sanguíneo. La bomba de sangre 1 está diseñada como una bomba intravascular, denominada, asimismo, bomba de catéter, y es implantada en un vaso sanguíneo del paciente por medio de un catéter 25. La entrada 21 de flujo sanguíneo está en el extremo de una cánula 23 flexible que puede ser colocada a través de una válvula cardíaca, tal como la válvula aórtica, durante la utilización. La salida 22 de flujo sanguíneo está situada en una superficie lateral de la envoltura 2 de la bomba y puede ser colocada en un vaso cardíaco, tal como la aorta. La bomba de sangre 1 está conectada al catéter 25, con una línea eléctrica 26 que se extiende a través del catéter 25 para suministrar energía eléctrica a la bomba de sangre 1 para accionar la bomba 1 por medio de una unidad de accionamiento 4, tal como se explica en más detalle a continuación.

Si la bomba de sangre 1 está prevista para ser utilizada en aplicaciones a largo plazo, es decir, en situaciones en las que la bomba de sangre 1 está implantada en el paciente durante varias semanas o incluso meses, la energía

eléctrica es suministrada, preferentemente, por medio de una batería. Esto permite a un paciente ser móvil, porque el paciente no está conectado a una estación base por medio de cables. El paciente puede llevar la batería y puede suministrar energía eléctrica a la bomba de sangre 1, por ejemplo, de manera inalámbrica.

La sangre es transportada a lo largo de un paso 24 que conecta la entrada 21 de flujo sanguíneo y la salida 22 de flujo sanguíneo (flujo sanguíneo indicado mediante flechas). Un impulsor 3 está dispuesto para transportar sangre a lo largo del paso 24, y está montado para que pueda girar alrededor de un eje de rotación 10 en el interior de la envoltura 2 de la bomba por medio de un primer cojinete 11 y un segundo cojinete 12. El eje de rotación 10 es, preferentemente, el eje longitudinal del impulsor 3. Ambos cojinetes 11, 12 son cojinetes de tipo de contacto en esta realización. No obstante, como mínimo, uno de los cojinetes 11, 12 podría ser un cojinete de tipo sin contacto, tal como un cojinete magnético o hidrodinámico. El primer cojinete 11 es un cojinete de pivotamiento que tiene superficies de cojinete esféricas que permiten el movimiento de rotación, así como el movimiento de pivotamiento hasta cierto grado. Está dispuesta una clavija 15, que forma una de las superficies de apoyo. El segundo cojinete 12 está dispuesto en un elemento de soporte 13 para estabilizar la rotación del impulsor 3, teniendo el elemento de soporte 13, como mínimo, una abertura 14 para el flujo sanguíneo. Están dispuestas palas 31 en el impulsor 3, para transportar sangre una vez que el impulsor 3 gira. La rotación del impulsor 3 es producida por una unidad de accionamiento 4 acoplada magnéticamente a un imán 32 en una parte extrema del impulsor 3. La bomba de sangre 1 mostrada es una bomba de sangre de tipo mixto, siendo la dirección principal del flujo, axial. Se apreciará que la bomba de sangre 1 también podría ser una bomba de sangre puramente axial, dependiendo de la disposición del impulsor 3, en concreto de las palas 31.

La figura 2a muestra con más detalle el interior de la bomba de sangre 1, en concreto el impulsor 3 y la unidad de accionamiento 4. La unidad de accionamiento 4 comprende una pluralidad de bornes 40, tales como seis bornes 40, de los cuales solo dos son visibles en la vista, en sección transversal, de la figura 2. Los bornes 40 tienen una parte de vástago 41 y una parte de cabeza 42. La parte de cabeza 42 está dispuesta adyacente al impulsor 3, para acoplar magnéticamente la unidad de accionamiento 4 al impulsor 3. Para este propósito, el impulsor 3 está dotado de un imán 32, que está formado como un imán de múltiples piezas en esta realización, tal como se describe con más detalle haciendo referencia a las figuras 10a a c. El imán 32 está dispuesto en el extremo del impulsor 3 orientado hacia la unidad de accionamiento 4. Los bornes 40 están controlados secuencialmente por medio de una unidad de control (no mostrada), con el fin de crear un campo magnético giratorio para accionar la bomba de sangre 1. El imán 32 está dispuesto para interactuar con el campo magnético giratorio, de modo que provoque la rotación del impulsor 3 alrededor del eje de rotación 10. Los devanados en espiral están dispuestos alrededor de las partes de vástago 41 de los bornes 40, tal como se describe con más detalle a continuación haciendo referencia a la figura 7. Los bornes 40 están dispuestos paralelos al eje de rotación 10, más específicamente, un eje longitudinal de cada uno de los bornes 40 es paralelo al eje de rotación 10.

Con el fin de cerrar la trayectoria del flujo magnético, una placa posterior 50 está situada en el extremo de las partes de vástago 41 opuestas a las partes de cabeza 42. Los bornes 40 actúan como un núcleo magnético, y están fabricados de un material adecuado, en concreto un material magnético blando, tal como acero o una aleación adecuada, en concreto acero al cobalto. Asimismo, la placa posterior 50 está fabricada de un material magnético blando adecuado, tal como acero al cobalto. La placa posterior 50 mejora el flujo magnético, lo que permite la reducción del diámetro total de la bomba de sangre 1, lo cual es importante para las bombas de sangre intravasculares. Para el mismo propósito, está dispuesto un yugo 37, es decir, una placa posterior adicional, en el impulsor 3 en un lado del imán 32 orientado hacia el exterior de la unidad de accionamiento 4. El yugo 37 en esta realización tiene una forma cónica, para guiar el flujo de sangre a lo largo del impulsor 3. El yugo 37 también puede estar fabricado de acero al cobalto. Pueden estar formados uno o varios canales de lavado que se extienden hacia el cojinete central en el yugo 37 o el imán 32.

La figura 2b muestra una realización alternativa que es sustancialmente similar a la realización de la figura 1 y la figura 2a, con la excepción de que las superficies superiores de las partes de cabeza 42 orientadas hacia el imán 32 no están inclinadas, sino que se extienden en un plano perpendicular al eje de rotación. Por consiguiente, el imán 32 no tiene superficies inclinadas, sino que tiene una forma sustancialmente cilíndrica.

Los detalles de la unidad de accionamiento 4 se muestran en las figuras 3 a 9, mientras que la figura 10 muestra el imán 32 del impulsor 3. Haciendo referencia a la figura 3, uno de los bornes 40 se muestra en una vista en perspectiva. En esta realización, todos los bornes 40 del conjunto (es decir, seis bornes 40) son idénticos. El borne 40 incluye una parte de vástago 41 y una parte de cabeza 42. La parte de cabeza 42 tiene una superficie 43 inclinada, formando un ángulo de 60° con respecto al eje longitudinal en esta realización (es decir, 30° con respecto a un plano perpendicular al eje longitudinal). La parte de árbol 41 incluye una parte extrema 44 opuesta a la parte de cabeza 42, que tiene un diámetro reducido para acoplarse con la placa posterior 50. La parte de cabeza 42 tiene una dimensión en sección transversal mayor que la parte de vástago 41 en un plano perpendicular al eje longitudinal. La parte de cabeza 42 tiene superficies laterales 47 que son adyacentes a las superficies laterales de un borne adyacente cuando se ensambla para formar la unidad de accionamiento 4. Con el fin de evitar un cortocircuito del flujo magnético entre los bornes 40, está dispuesto un pequeño espacio de aire u otro tipo de aislamiento entre las partes de cabeza 42. Además de evitar un cortocircuito, puede ser ventajoso disponer un material aislante entre las partes de cabeza 42 de los bornes 40 que mantenga el campo magnético en el interior de cada uno de los bornes

40. En otras palabras, las partes de cabeza 42 pueden estar separadas por un material magnéticamente aislante. Por ejemplo, imanes, por ejemplo, placas de un material magnético, pueden estar dispuestos entre las partes de cabeza 42 para separar las partes de cabeza 42 y los respectivos campos magnéticos unos de otros. Las superficies 48 radialmente interiores de las partes de cabeza 42 del borne forman una abertura central 54. Se apreciará que la superficie de transición entre las superficies 43 y 48 no necesita ser redondeada.

En la figura 4 se muestran diferentes vistas de otra realización de un borne 40, que corresponde a la realización anterior, excepto por ligeros cambios en la forma de la parte del vástago 41 y la parte de cabeza 42. La figura 4a muestra una vista, en sección transversal, a lo largo de la línea A-A mostrada en la figura 4d, que muestra una vista superior (es decir, hacia la parte de cabeza 42) del borne 40. La figura 4b muestra una vista, en perspectiva, del borne 40, mientras que la figura 4c muestra una vista inferior (es decir, una vista hacia la parte extrema 44 de la parte de vástago 41). El borne 40 puede tener una longitud total comprendida entre, aproximadamente, 9 y 10 mm, en el que la parte de cabeza 42 puede tener una longitud de aproximadamente 2 mm. En esta realización, la parte de cabeza 42 tiene una superficie 43 que está inclinada formando un ángulo de 45° con respecto al eje de rotación o el eje longitudinal. Por consiguiente, el ángulo 45 entre la superficie 43 y un saliente 49 que se muestra en la figura 4a es de 135°. El reborde 49 puede servir como tope cuando los bornes 40 están montados en un alojamiento. Además, un resalte 46 está formado mediante la parte de cabeza 42, que puede servir como tope para un devanado en espiral. Tal como se describe con respecto a la figura 3, la parte de cabeza 42 comprende superficies laterales 47 y una superficie interior radial 48.

La figura 5 muestra un conjunto que incluye seis bornes 40, descritos con respecto a la figura 3. Todos los bornes 40 están formados de manera idéntica, de tal manera que cada parte de cabeza 42 forma un segmento de 60° de un círculo, es decir, una "porción de pastel" de 60°. Se apreciará que el conjunto puede incluir menos o más bornes, tal como dos, tres, cuatro o cinco o más de seis, en los que el ángulo depende del número de bornes, por ejemplo, cuatro bornes, que forman cada uno un segmento de 90° u ocho bornes que forman un segmento de 45° cada uno. Tal como ya se mencionó anteriormente, el número de bornes 40 es, preferentemente, par, en el que los bornes 40 diametralmente opuestos pueden formar una pareja, por ejemplo, con respecto al control del campo magnético, es decir, cada pareja de bornes puede ser controlada como una unidad para activar los bornes de cada pareja respectiva de manera simultánea. Las partes de cabeza 42 forman un cono que tiene una superficie cónica formada por las superficies inclinadas 43. Esto se puede ver más claramente en la figura 6. En la figura 6, las partes extremas 44 de menor diámetro que las partes de vástago 41 están montadas en la placa posterior 50.

En la figura 7 se muestra la misma disposición que incluye devanados en espiral 47 alrededor de los bornes 40. Los devanados en espiral 47 no se extienden radialmente más allá de las partes de cabeza 42, proporcionando de este modo una dimensión exterior compacta. Se apreciará que, preferentemente, el área de la sección transversal máxima definida por las partes de cabeza 42 se utiliza para los devanados en espiral 47, para optimizar la utilización del espacio disponible y minimizar los espacios de aire que actúan como aislantes y afectan al flujo magnético. Materiales adecuados para los devanados en espiral son, por ejemplo, cobre o plata. Además, el diámetro de las partes de vástago 41 de los bornes 40 se elige para optimizar el número de devanados de los devanados en espiral 47. La figura 8 muestra un alojamiento 60 para ser montado sobre la disposición de bornes. El alojamiento 60 se adapta a la forma de la disposición de los bornes y comprende una parte 62 sustancialmente cilíndrica y una parte extrema 61 cónica. La parte extrema 61 cónica se estrecha con el mismo ángulo que la superficie cónica formada por las superficies inclinadas 43 de las partes de cabeza 42 de los bornes, es decir, el ángulo está comprendido, preferentemente, entre aproximadamente 30° y 60°, preferentemente 30° o 45°, con respecto a un plano perpendicular al eje longitudinal. El alojamiento 60 está cerrado por la placa posterior 50 en un extremo abierto 63 opuesto a la parte extrema 61 cónica. La parte extrema 61 cónica tiene una abertura central 64 que está alineada con la abertura central 54 formada por los bornes 40 y una abertura central 53 en la placa posterior 50.

La placa posterior 50 se muestra con más detalle en diferentes vistas en la figura 9 (vista superior en la figura 9a, vista, en sección transversal, a lo largo de la línea A-A en la figura 9b, y vista, en sección transversal, a lo largo de la línea B-B en la figura 9c). La placa posterior 50 tiene aberturas 51 para recibir las partes extremas 44 de diámetro reducido de las partes de vástago 41 de los bornes 40. Preferentemente, el número de aberturas 51 en la placa posterior 50 corresponde al número de bornes 40 de la unidad de accionamiento 4. En la realización mostrada, seis aberturas 51 están dispuestas a una distancia regular de 60° alrededor del eje de rotación 10, estando cada una de las aberturas 51 a la misma distancia del eje de rotación 10. Las aberturas 51 se muestran extendiéndose completamente a través de la placa posterior 50 en la vista, en sección transversal, de la figura 9c. No obstante, las aberturas 51 se pueden extender alternativamente en el interior de la placa posterior 50 solo hasta una cierta profundidad, en lugar de completamente a través de la placa posterior 50. Una abertura central 53 está formada para recibir la clavija 15 de apoyo, tal como se describió anteriormente. La placa posterior 50 está fabricada de un material magnético, preferentemente acero al cobalto, para cerrar la trayectoria del flujo magnético. El diámetro de la placa posterior 50 puede estar comprendido entre, aproximadamente, 5 y 7 mm. Además, están dispuestas muescas 52 en la periferia de la placa posterior 50 para recibir alambres 56 para conectar los devanados en espiral 47 a una unidad de control 55, tal como una placa de circuito impreso (PCB, Printed Circuit Board) en la parte trasera de la placa posterior 50, tal como se muestra esquemáticamente mediante líneas discontinuas en la figura 9b.

Haciendo referencia a la figura 10, el imán 32 del impulsor 3 (véase la figura 2) se muestra en una vista superior

(figura 10a), una vista, en sección transversal, (figura 10b) y una vista, en perspectiva, (figura 10c). En esta realización, están dispuestos seis imanes 32 que están dispuestos uniformemente alrededor del eje de rotación 10, alternando la orientación del campo magnético respectivo. Pueden estar dispuestos menos o más imanes, tal como cuatro, ocho, diez o doce imanes. Los imanes 32 forman un rebaje 35 que tiene una superficie 33. El rebaje 35 se corresponde en tamaño y forma a la superficie cónica formada por las superficies 43 de las partes de cabeza 42 de los bornes 40, tal como se muestra mejor en la figura 6, teniendo en cuenta el alojamiento 60 que rodea la unidad de accionamiento 4, en concreto la parte extrema 61 cónica (figura 8). Se apreciará que esto incluye que la distancia entre el impulsor 3 y la unidad de accionamiento 4 puede no ser constante, sino que puede aumentar hacia el eje de rotación 10, tal como se explicó anteriormente. El rebaje 35 en esta realización tiene una forma cónica con un ángulo 34 de 45° con respecto al eje de rotación 10 o eje longitudinal. Otros ángulos, tal como 60°, son posibles, dependiendo de la forma de la unidad de accionamiento 4, en concreto la superficie extrema formada por las partes de cabeza 42 de los bornes 40. Además, los imanes 32 forman una abertura central 36 para recibir la clavija 15 de apoyo, tal como se muestra en la figura 2. La abertura central 36 está alineada con la abertura central 54 de la unidad de accionamiento 4. Tal como se muestra en la figura 10b, el flujo magnético de los imanes 32 está cerrado por medio del yugo 37. El yugo 37 puede tener cualquier forma adecuada dependiendo de la forma del impulsor 3, tal como cónica, tal como se muestra en la figura 2, o en forma de disco, tal como se indica en la figura 10b. Opcionalmente, está dispuesto un encapsulado 38 que rodea los imanes 32 y, si es aplicable, el yugo 37, para proteger los imanes 32 y el yugo 37 contra la corrosión.

En la figura 11 se muestra otra realización de una unidad de accionamiento que es sustancialmente similar a las realizaciones mencionadas anteriormente. La disposición incluye seis bornes 40' que tienen un devanado en espiral 47 respectivo en sus partes de vástago 41'. Como en las realizaciones anteriores, pueden existir menos o más bornes 40'. Los bornes 40' están unidos, preferentemente, a una placa posterior (no mostrada), como en las realizaciones anteriores. Cada uno de los bornes 40 incluye una parte de cabeza 42', que tiene una forma diferente de las partes de cabeza 42 descritas anteriormente. Aunque el ángulo puede ser el mismo que el descrito anteriormente, las superficies inclinadas 43' están orientadas radialmente hacia el interior, en lugar de radialmente hacia el exterior. Es decir, las partes de cabeza 42' forman un rebaje sustancialmente cónico. Se apreciará que el imán del impulsor tendrá la forma correspondiente, es decir, el imán tendrá la forma cónica correspondiente, en lugar de un rebaje cónico, como en las realizaciones anteriores. Como en las realizaciones anteriores, la unidad de accionamiento tiene una abertura central 54'. Los bornes 40' en la realización de la figura 11 están separados por espacios 57' que evitan una derivación o cortocircuito entre los bornes 40', mientras que las partes de cabeza 42 de los bornes 40 en las realizaciones anteriores se muestran que están directamente adyacentes unas a otras o separadas solo por pequeños espacios. No obstante, se apreciará que, en todas las realizaciones, se debe evitar un cortocircuito entre los bornes.

Haciendo referencia a la figura 12, se muestra otra realización de una bomba de sangre 1, que es similar a la de las figuras 1 y 2. En contraste con la realización anterior, la bomba de sangre 1 de la figura 12 tiene un cojinete hidrodinámico radial adicional. Está dispuesta una parte circunferencial 28 de la envoltura 2 de la bomba o manguito, para formar un espacio 27 entre el impulsor 3 y la parte circunferencial 28. Además de la salida de flujo sanguíneo 22, otra salida de flujo sanguíneo 29 permite que la sangre fluya a través del espacio 27 y salga de la envoltura 2 de la bomba. El tamaño del espacio 27 es elegido de modo que un cojinete hidrodinámico radial.

Las figuras 13a y 13b muestran esquemáticamente los imanes 32 del impulsor y los imanes 32 dispuestos con respecto a la unidad de accionamiento 4. En esta realización, están dispuestos cuatro imanes 32, que están separados por los respectivos espacios 66. Los espacios 66, que pueden estar formados como canales entre las superficies 33 de los imanes 32, se extienden en una dirección radial desde la abertura central 36 hacia el perímetro exterior de los imanes 32. Tal como se describirá con más detalle, a continuación, haciendo referencia a las figuras 15a y 15b, la reducción del tamaño de los imanes 32 no provoca una pérdida de eficiencia del acoplamiento magnético. La figura 13b muestra la disposición relativa de los imanes 32 y la unidad de accionamiento 4, en la que está dispuesto un espacio 65 entre la unidad de accionamiento 4 (es decir, el estátor) y los imanes 32 del impulsor (es decir, el rotor). Los canales o espacios 66 mejoran el lavado del espacio 65, ya que provocan un efecto de bomba centrífuga para la sangre.

Haciendo referencia a las figuras 14a y 14b, se muestra esquemáticamente el principio del acoplamiento magnético entre el rotor, en concreto los imanes 32, y el estátor, es decir, la unidad de accionamiento 4. En la figura 14a, los imanes 32 no están separados, o sustancialmente separados, por un espacio. Se muestran algunas líneas de campo magnético, a modo de ejemplo, del norte N al sur S. Debido al espacio 65 entre la unidad de accionamiento 4 y los imanes 32, las líneas de campo magnético más interiores no interactúan con la unidad de accionamiento 4. Es decir, esta parte del campo magnético no contribuye al accionamiento del impulsor. Por lo tanto, no se perderá la eficiencia del acoplamiento magnético si un espacio 66 está dispuesto entre los imanes 32. En la figura 14b, la misma cantidad de líneas de campo magnético alcanza la unidad de accionamiento 4 que en la figura 14a. Tal como puede calcular una persona experta que conozca la orientación de las líneas del campo magnético, el tamaño del espacio 66 depende directamente del tamaño del espacio 65.

Haciendo referencia a la figura 15, se muestra otra realización de una disposición de accionamiento para una bomba de sangre. La unidad de accionamiento 4, que incluye los bornes 40 con devanados en espiral 47, es

sustancialmente la misma que la descrita anteriormente. Números de referencia similares hacen referencia a partes similares. Como en las realizaciones anteriores, la unidad de accionamiento 4 incluye una placa posterior 50. No obstante, el diseño del impulsor es diferente. En la figura 15 solo se muestran los imanes 32 y el yugo 37 del impulsor. El impulsor tiene un mayor diámetro, en concreto un diámetro más grande que la unidad de accionamiento 4, y una prolongación 39 axial, de tal manera que la prolongación 39 se extiende circunferencialmente alrededor de la unidad de accionamiento 4, en concreto en la zona de las partes de cabeza 42 de los bornes 40. Esta disposición permite un acoplamiento magnético mejorado, tal como se explicará a continuación.

Tal como se indica mediante algunas líneas de campo magnético esquemáticas a modo de ejemplo, la prolongación 39 hace que el acoplamiento magnético entre los imanes 32 y la unidad de accionamiento 4 se produzca no solo en la zona de las superficies inclinadas 43, sino también en la zona de las superficies laterales exteriores de las partes de cabeza 42 de los bornes 40. En esta zona, las líneas de campo magnético se extienden en una dirección sustancialmente radial entre el rotor y el estátor de la bomba de sangre, y se puede crear un par de torsión alto para accionar el impulsor. Tal como también se muestra en la figura 15, como en todas las demás realizaciones, las líneas de campo magnético forman un bucle cerrado que se extiende a través de los bornes 40, incluidas las partes de cabeza 42 y las partes de vástago 41, a través de los imanes 32 y a través de ambas placas extremas o yugos 50 y 37.

Haciendo referencia a la figura 16, el modo de funcionamiento de la unidad de accionamiento se muestra esquemáticamente en un ejemplo que tiene seis bornes 40a, 40b, 40c, 40d, 40e y 40f. Para crear un campo magnético giratorio, los bornes son controlados secuencialmente. Los bornes son controlados por parejas, para establecer una rotación equilibrada del impulsor, en el que los bornes diametralmente opuestos 40a y 40d, 40b y 40e, y 40c y 40f, respectivamente, forman parejas. La densidad magnética puede ser aumentada activando cuatro de los seis bornes al mismo tiempo. La figura 13 muestra una secuencia con tres etapas, en la que están marcados los bornes activados. En la primera etapa, se activan los bornes 40a, 40c, 40d y 40f, es decir, se suministra una corriente al devanado en espiral respectivo para crear un campo magnético. En la segunda etapa, se activan los bornes 40a, 40b, 40d y 40e, mientras que en la tercera etapa se activan los bornes 40b, 40c, 40e y 40f. Esta secuencia se repite para crear el campo magnético giratorio.

Las figuras 17 a 21 muestran realizaciones que son sustancialmente similares a las realizaciones mencionadas anteriormente, con la principal diferencia de que las partes de la unidad de accionamiento no están formadas como un cuerpo sólido, sino que están ranuradas o formadas de otra manera mediante un material discontinuo, tal como se describirá con más detalle a continuación. Se apreciará que las características y funciones descritas anteriormente con respecto a las figuras 1 a 16 son igualmente aplicables a la siguiente realización. Por lo tanto, números de referencia similares incrementados en 100 hacen referencia a partes similares de la bomba de sangre, la unidad de accionamiento y otras partes de la bomba de sangre. Por el contrario, se apreciará que las realizaciones mencionadas anteriormente pueden estar dotadas de componentes ranurados o de material magnético blando discontinuo, tal como se describirá a continuación.

La figura 17 muestra una vista, en perspectiva, de una unidad de accionamiento 104 sin devanados en espiral e imanes, similar a la vista mostrada en la figura 6. La unidad de accionamiento 104 comprende seis bornes 140, teniendo cada uno de ellos una parte de vástago 141 y una parte de cabeza 142, tal como se explicó anteriormente con respecto a la realización anterior. Los bornes 140 están unidos a una placa posterior 150 similar a la realización anterior. Las partes de cabeza 142 tienen una superficie superior plana que se extiende en un plano perpendicular al eje de rotación, es decir, el eje longitudinal de la unidad de accionamiento 104.

En contraste con las realizaciones descritas anteriormente, los componentes de la unidad de accionamiento 104, más específicamente las partes de vástago 141 de los bornes 140, así como la placa posterior 150, comprenden un material magnético blando que es discontinuo en las respectivas secciones transversales a la dirección del flujo magnético (véase la figura 15 para una ilustración esquemática del flujo magnético). En concreto, las partes de vástago 141 y la placa posterior 150 están ranuradas, es decir, están formadas por una pila de láminas de material magnético blando que están aisladas eléctricamente unas de otras. Las láminas pueden tener un grosor comprendido entre aproximadamente 50 μm y aproximadamente 350 μm , por ejemplo, 100 μm . Las capas aislantes pueden tener un grosor comprendido entre aproximadamente 1 μm y aproximadamente 50 μm . Opcionalmente, las partes de cabeza 142 también pueden estar ranuradas, tal como se describirá con más detalle a continuación.

Las partes de vástago 141 están formadas de láminas 171 aisladas unas de otras mediante capas aislantes 172, y la placa posterior está formada por láminas 175 aisladas unas de otras por capas aislantes 176. Las láminas 171 de las partes de vástago se extienden paralelas al eje de rotación, tal como se puede ver también en las figuras 19a a 19d, para proporcionar una sección transversal discontinua transversal al eje de rotación. La placa posterior 150 está formada de láminas 175 que se extienden en planos perpendiculares al eje de rotación, para proporcionar una sección transversal discontinua paralela al eje de rotación. Se apreciará que la placa posterior 150 puede estar formada de un material sólido, es decir, puede no estar ranurada. La construcción ranurada reduce las corrientes parásitas y, por lo tanto, la generación de calor y la pérdida de energía, es decir, el consumo de energía.

La figura 18 muestra la placa posterior 150 con más detalle. De manera similar a la placa posterior mostrada en la figura 9, la placa posterior 150 tiene una abertura central 153 y muescas 152. Tal como se explicó anteriormente, la

placa posterior 150 está fabricada de una pluralidad de láminas 175 apiladas aisladas unas de otras mediante capas aislantes 176. La figura 19a muestra con más detalle uno de los bornes 140, que tiene la parte de vástago 141 y la parte de cabeza 142 con una superficie superior 143. La superficie superior no está inclinada. Los extremos 144 de los bornes 140 encajan en las aberturas 151 de la placa posterior 150. A diferencia de la realización descrita anteriormente, los extremos 144 no tienen resalte. La parte de cabeza 142 se extiende lateralmente más allá de la parte de vástago 141, de tal manera que los devanados en espiral no se extienden más allá de la parte de cabeza 142, tal como se explicó anteriormente. La figura 19b muestra una realización de un borne 140' con una parte de árbol 141' y una parte de cabeza 142', en la que la superficie superior 143' está inclinada, tal como se explica en detalle para la realización anterior.

En una realización, tal como se muestra en la figura 19c, las partes de cabeza 142 de los bornes 140 también pueden estar formadas de un material magnético blando discontinuo. Más específicamente, la parte de cabeza 142 de cada uno de los bornes 140 puede comprender un material magnético blando que tiene una sección transversal discontinua perpendicular al eje longitudinal del respectivo borne 40, de manera similar a las partes de vástago 141 de los bornes 140. Las partes de cabeza 142 pueden estar formadas por láminas 173 aisladas unas de otras mediante capas aislantes 174. Debido a la pequeña altura de las partes de cabeza 142 planas, las láminas 173 también se pueden denominar "varillas". Tal como se muestra en la figura 19d, la cabeza inclinada 142' también puede estar formada por un material magnético blando discontinuo, en concreto formada por láminas 173' aisladas unas de otras mediante capas aislantes 174'. Todas las características del material magnético blando discontinuo descrito anteriormente para las partes de vástago 141, 141' pueden ser aplicadas a las respectivas partes de cabeza 142, 142'.

En la figura 20a, los imanes 132 se muestran junto a las partes de cabeza 142. Puesto que las superficies superiores de las partes de cabeza 142 no están inclinadas, los imanes 132 forman un componente sustancialmente cilíndrico. La figura 20b muestra una realización alternativa en la que los imanes 132' están separados por espacios 133'. Tal como se explicó anteriormente, se ha descubierto que la eficiencia del acoplamiento magnético no disminuye si los imanes 132' están separados por espacios 133', en concreto espacios que se extienden radialmente, debido a las características del campo magnético y al espacio entre la unidad de accionamiento 104 y el impulsor.

Las figuras 21a a 21j muestran diversas realizaciones de bornes vistos en sección transversal a lo largo de la línea I-I en la figura 19a. Las figuras 21a a 21d muestran realizaciones en las que la parte de vástago 141 de los bornes está ranurada, es decir, está formada por una pluralidad de láminas 171 aisladas unas de otras por capas aislantes 172. Las capas aislantes 172 pueden comprender adhesivo, laca, esmalte de horno o similares. Las figuras 21a y 21b muestran realizaciones en las que el grosor de las láminas 171 es uniforme. El grosor puede estar en el intervalo comprendido entre aproximadamente 25 μm y aproximadamente 250 μm . Las láminas 171 mostradas en la figura 21a tienen un grosor mayor que las láminas 171 mostradas en la figura 21b. Las láminas de la figura 21c tienen grosores variables, teniendo la lámina central el mayor grosor, y las láminas más exteriores el menor grosor. Esto puede ser ventajoso, porque las corrientes parásitas en las regiones laterales de las partes de vástago son más críticas y pueden ser reducidas por medio de las láminas delgadas. Las corrientes parásitas en la zona central son menos críticas, y la lámina central relativamente gruesa puede ayudar a mejorar el flujo magnético. La orientación de las láminas 171 puede ser diferente tal como se muestra a modo de ejemplo en la figura 21d, siempre que el material magnético blando en la sección transversal mostrada, es decir, el material magnético blando en la sección transversal a la dirección del flujo magnético, sea discontinuo o interrumpido.

Las figuras 21e y 21f muestran realizaciones en las que las partes de vástago 141 están formadas por un haz de alambres 181 que están aislados entre sí por un material aislante 182. El material aislante 182 puede estar presente como un recubrimiento de cada uno de los alambres 181 o puede ser una matriz en la que están incrustados los alambres 181. En la realización de la figura 21e todos los alambres tienen el mismo diámetro, mientras que en la realización de la figura 21f un alambre central tiene un diámetro mayor, y los alambres exteriores tienen diámetros más pequeños, de manera similar a la realización mostrada en la figura 21c que tiene láminas con grosores variables. Tal como se muestra en la figura 21g, se pueden mezclar alambres 181 de diferentes diámetros, lo que puede aumentar el área de la sección transversal total de material magnético blando en comparación con las realizaciones en las que todos los alambres tienen el mismo diámetro. Aun alternativamente, para minimizar aún más las capas aislantes 184 entre los alambres 183, dichos alambres 183 pueden tener el área de la sección transversal poligonal, tal como rectangular, cuadrada, etc.

Alternativamente, la sección transversal discontinua de las partes de vástago 141 puede ser creada mediante partículas metálicas 185 incrustadas en una matriz polimérica 186, tal como se muestra en la figura 21i, o mediante lana de acero u otras estructuras porosas impregnadas con una matriz aislante. Una estructura porosa y, por lo tanto, discontinua de material magnético blando también puede ser producida mediante un proceso de sinterización o un proceso de moldeo a alta presión, en el que se puede suprimir la matriz aislante porque las capas aislantes se forman automáticamente por oxidación del material magnético blando, mediante exposición al aire. Aun alternativamente, la parte de vástago 141 puede estar formada por una lámina 187 enrollada de un material magnético blando, en el que las capas de la lámina 187 enrollada están separadas por capas aislantes 188, tal como se muestra en la figura 21j. Esto también proporciona una sección transversal discontinua en el sentido de la presente invención, que reduce las corrientes parásitas en las partes de vástago 141 de los bornes 140.

REIVINDICACIONES

1. Bomba de sangre (1) intravascular, para su introducción percutánea en un vaso sanguíneo del paciente, que comprende:

- una envoltura (2) de la bomba, dotada de una entrada (21) de flujo sanguíneo y una salida (22) de flujo sanguíneo,
- un impulsor (3), dispuesto en dicha envoltura (2) de la bomba, de modo que pueda girar alrededor de un eje de rotación (10), teniendo el impulsor (3) palas (31) dimensionadas y conformadas para transportar sangre desde la entrada (21) de flujo sanguíneo a la salida (22) de flujo sanguíneo, y
- una unidad de accionamiento (104), para hacer girar el impulsor (3), comprendiendo la unidad de accionamiento (104) una pluralidad de bornes (140) dispuestos alrededor del eje de rotación (10), en la que cada uno de los bornes (140) tiene un eje longitudinal e incluye una parte de vástago (141) que se extiende a lo largo del eje longitudinal, y una parte de cabeza (142) orientada hacia el impulsor (3), en la que un devanado en espiral (47) está dispuesto alrededor de la parte de vástago (141) de cada uno de los bornes (140), siendo los devanados en espiral (47) controlables secuencialmente para crear un campo magnético giratorio, en la que el impulsor (3) comprende, como mínimo, un imán (132) dispuesto para interactuar con el campo magnético giratorio para provocar la rotación del impulsor (3), en la que la parte de vástago (141) de cada uno de los bornes (140) comprende un material magnético blando que tiene una sección discontinua transversal al eje longitudinal del borne (140) respectivo.

2. Bomba de sangre, según la reivindicación 1, en la que el material magnético blando está dispuesto en forma de una pluralidad de láminas (171) de un material magnético blando, preferentemente acero eléctrico.

3. Bomba de sangre, según la reivindicación 2, en la que las láminas (171) están eléctricamente aisladas (172) unas de otras, en la que, preferentemente, las láminas (171) están eléctricamente aisladas unas de otras mediante capas aislantes (172), teniendo cada capa aislante (172) un grosor comprendido entre, aproximadamente, 1 μm y, aproximadamente, 50 μm .

4. Bomba de sangre, según la reivindicación 2 o 3, en la que las láminas (171) se extienden paralelas al eje longitudinal del borne (40) respectivo.

5. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que las láminas (171) tienen un grosor comprendido entre, aproximadamente, 25 μm y, aproximadamente, 350 μm , preferentemente, entre, aproximadamente, 50 μm y, aproximadamente, 200 μm .

6. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en la que la pluralidad de láminas (171) forman una pila de láminas, en la que el grosor de las láminas (171) disminuye desde el centro de la pila hacia las láminas más exteriores de la pila.

7. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la parte de cabeza (142) de cada uno de los bornes (140) comprende material magnético blando.

8. Bomba de sangre, según la reivindicación 7 y cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en la que las láminas (173) en las partes de cabeza (142) se extienden en la misma dirección que las láminas (171) en las partes de vástago (141).

9. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que las superficies superiores (143) de las partes de cabeza (142) de los bornes (140) se extienden en un plano perpendicular al eje de rotación (10).

10. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la superficie superior (143) de cada una de las partes de cabeza (142), tal como se ve en una vista superior en una dirección axial, está alineada con la respectiva parte de vástago (141) en la dirección axial.

11. Bomba de sangre, según la reivindicación 1, en la que el material magnético blando está dispuesto en forma de una pluralidad de alambres (181) de un material magnético blando, que están eléctricamente aislados (182) unos de otros.

12. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la unidad de accionamiento (104) comprende, además, una placa posterior (150), que se acopla a los extremos (144) de las partes de vástago (141) de los bornes (140) opuestos a las partes de cabeza (142).

13. Bomba de sangre, según la reivindicación 12, en la que la placa posterior (150) comprende un material magnético blando que es discontinuo en sección transversal paralela al eje longitudinal del borne (140) respectivo.

14. Bomba de sangre, según la reivindicación 13, en la que el material magnético blando está dispuesto en forma de una pluralidad de láminas (175) de un material magnético blando, preferentemente acero eléctrico, en el que, preferentemente, las láminas (175) están aisladas eléctricamente (176) unas de otras, en el que, además,

preferentemente, las láminas (175) se extienden transversalmente al eje de rotación.

5 15. Bomba de sangre, según reivindicación 13 o 14, en la que las láminas (175) tienen un grosor comprendido entre aproximadamente 25 μm y, aproximadamente, 350 μm , preferentemente, entre, aproximadamente, 50 μm y, aproximadamente, 200 μm .

16. Bomba de sangre, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en la que la bomba de sangre es una bomba de sangre de tipo axial.

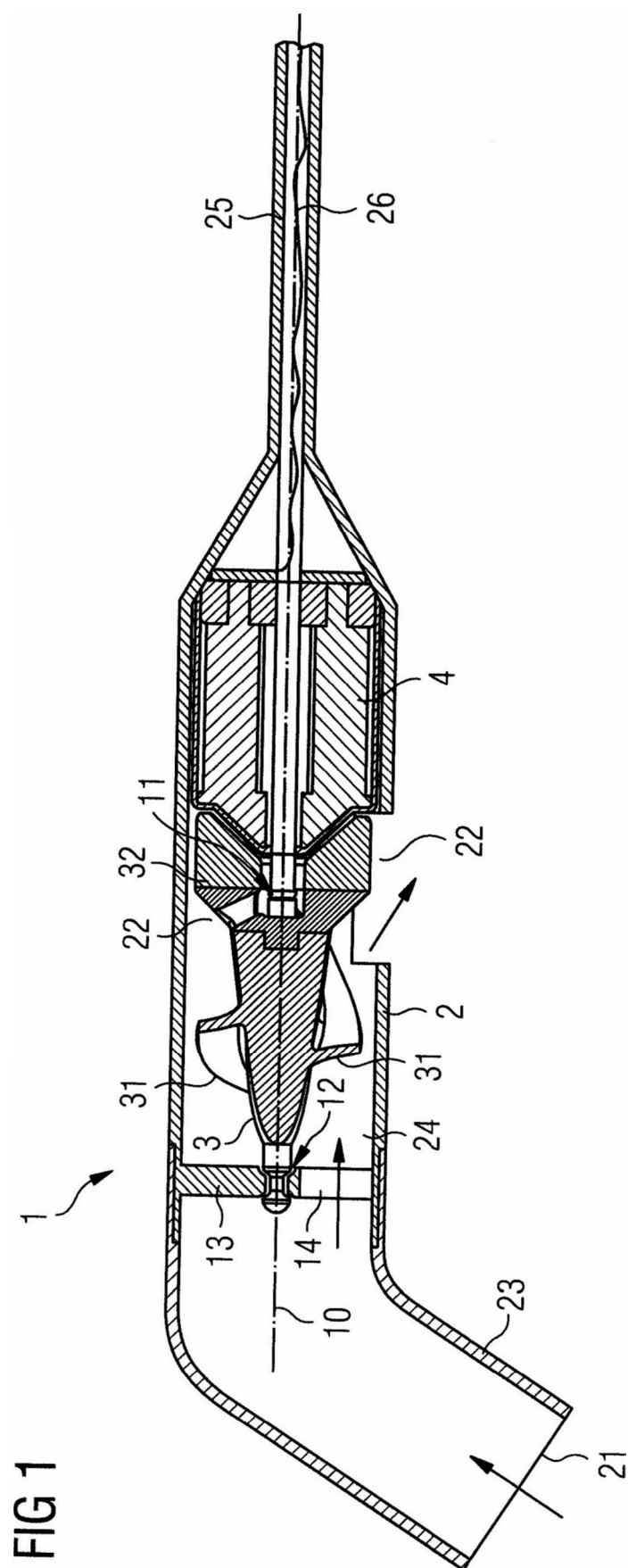


FIG 2a

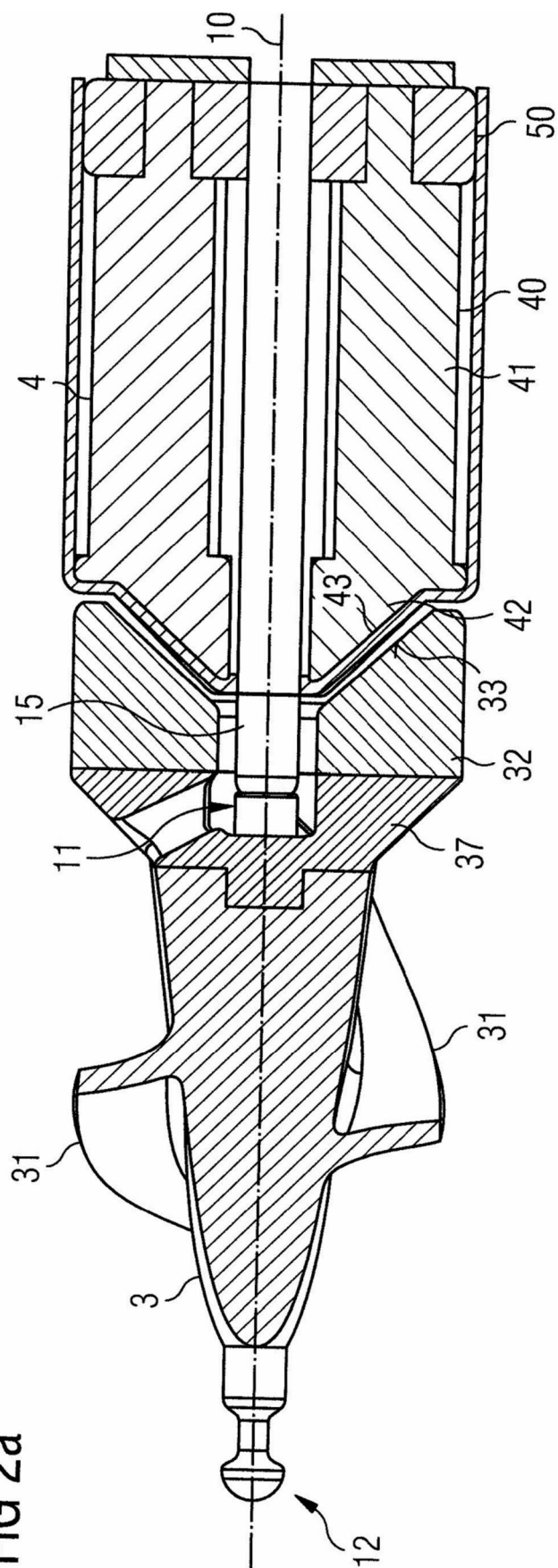


FIG 2b

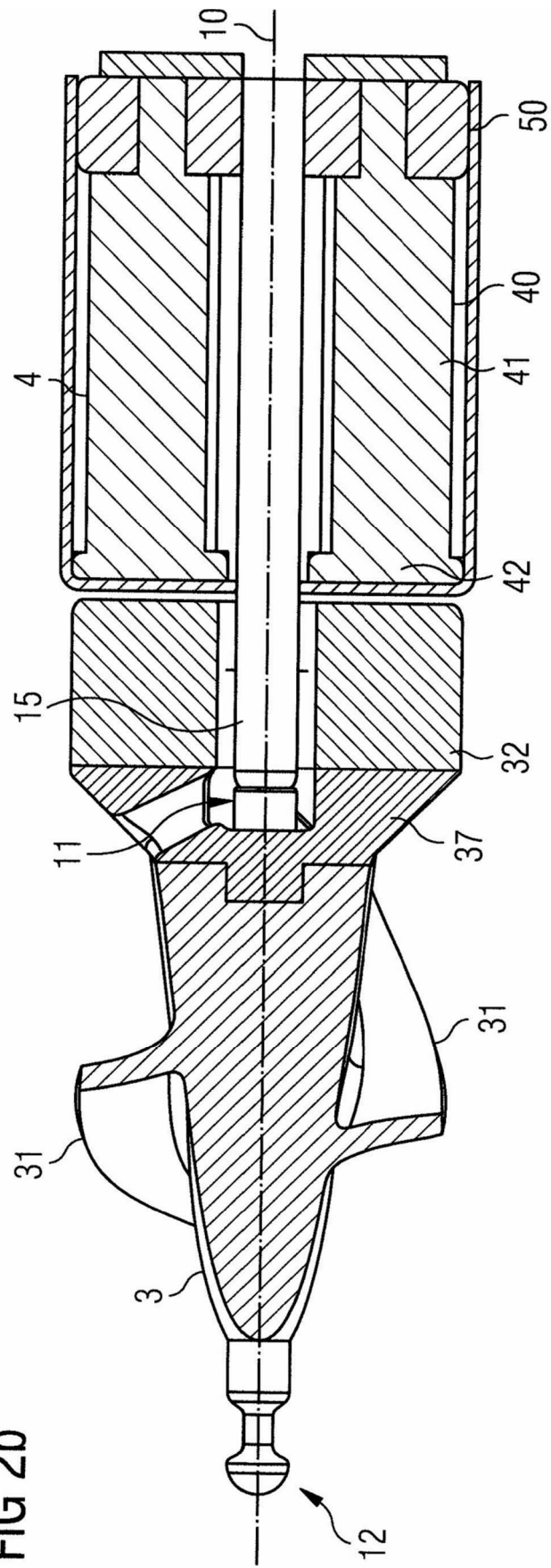


FIG 3

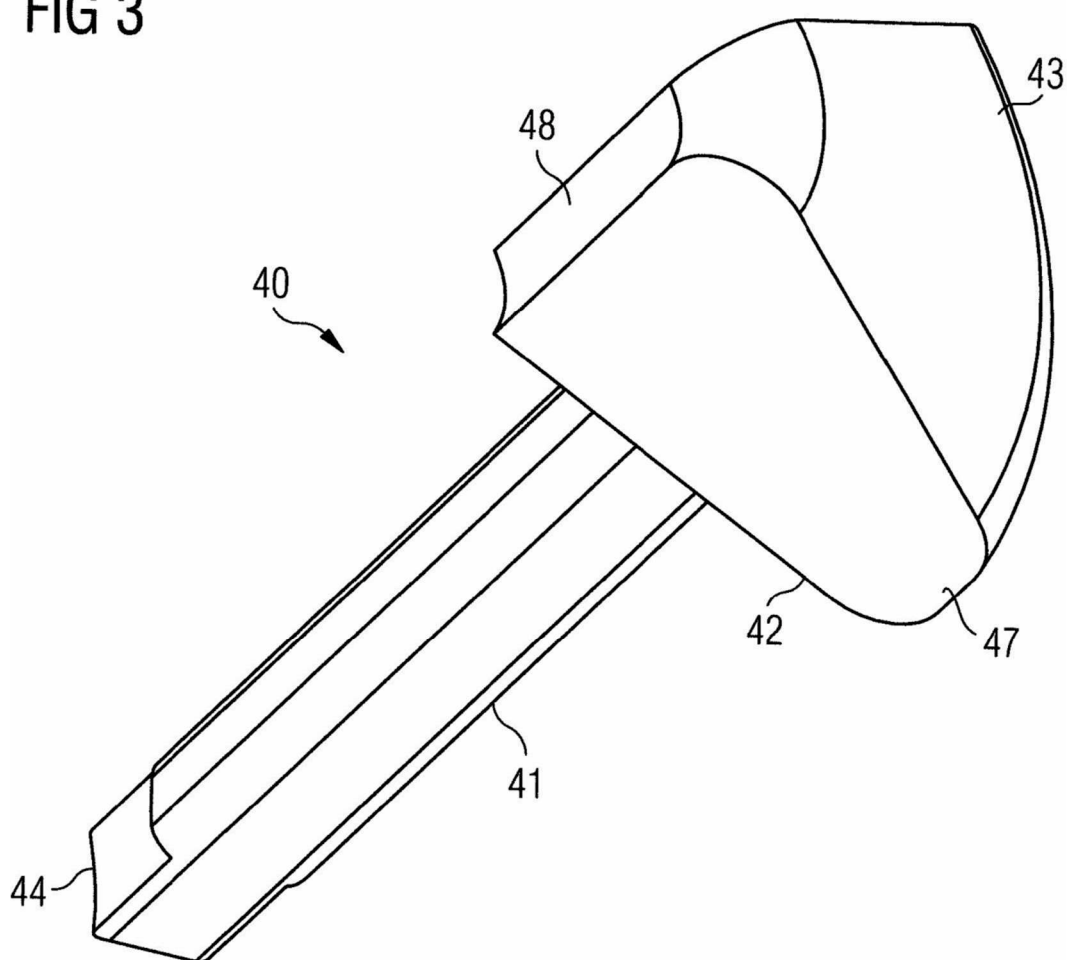
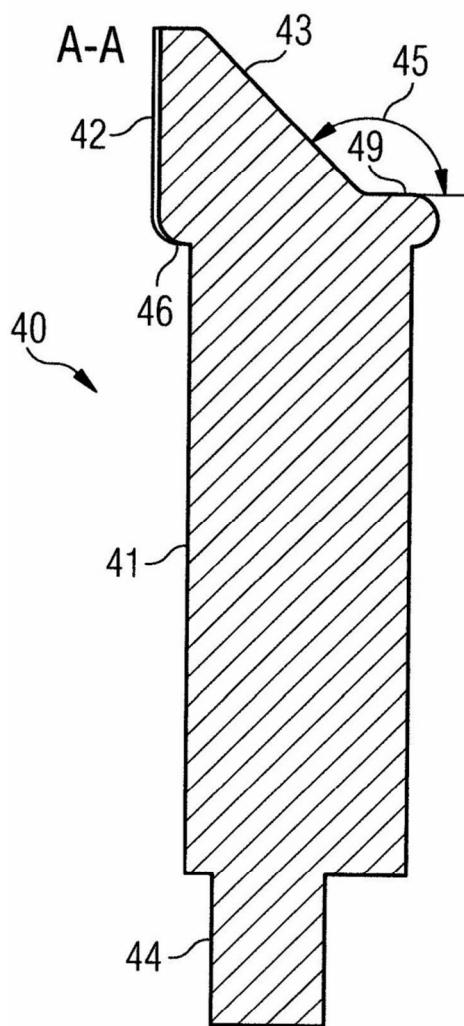
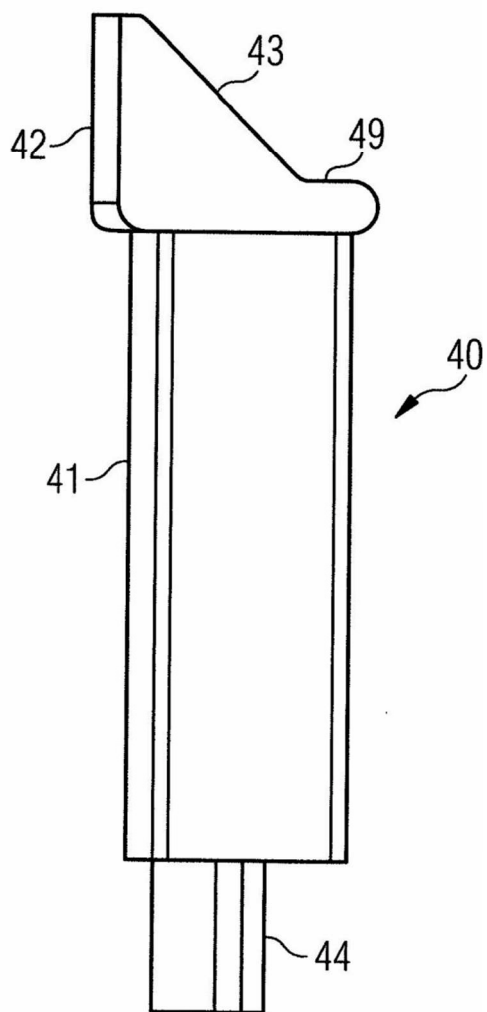


FIG 4

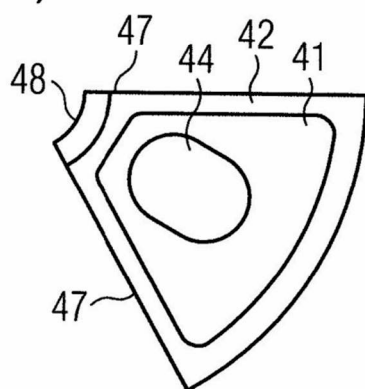
a)



b)



c)



d)

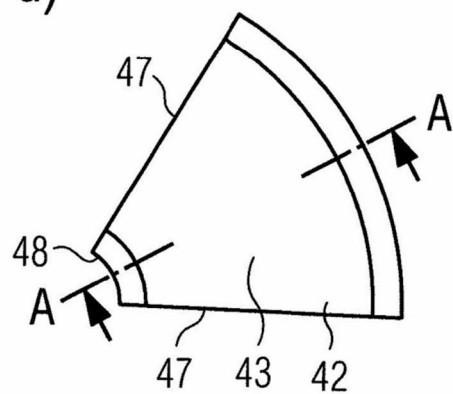


FIG 5

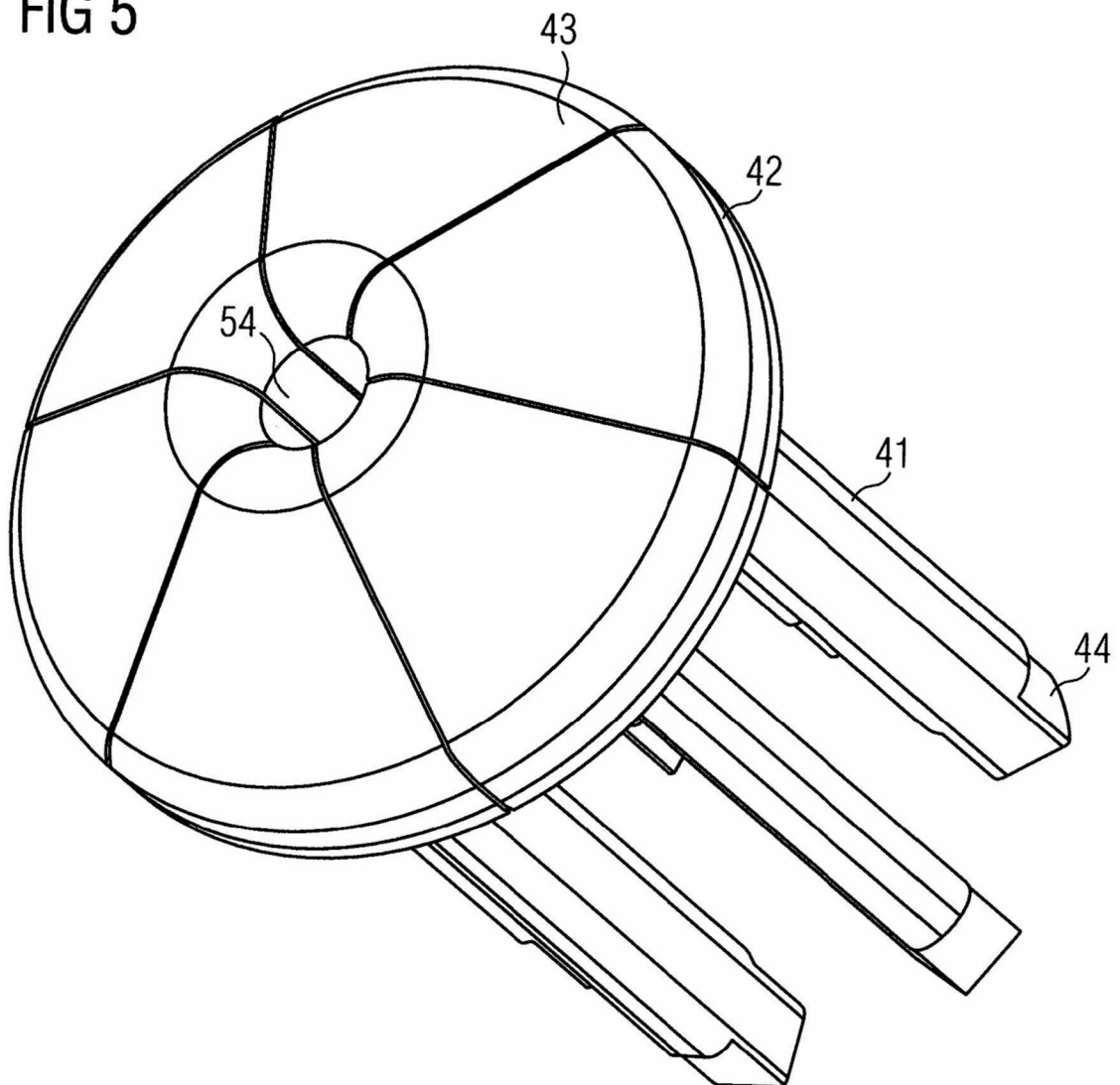


FIG 6

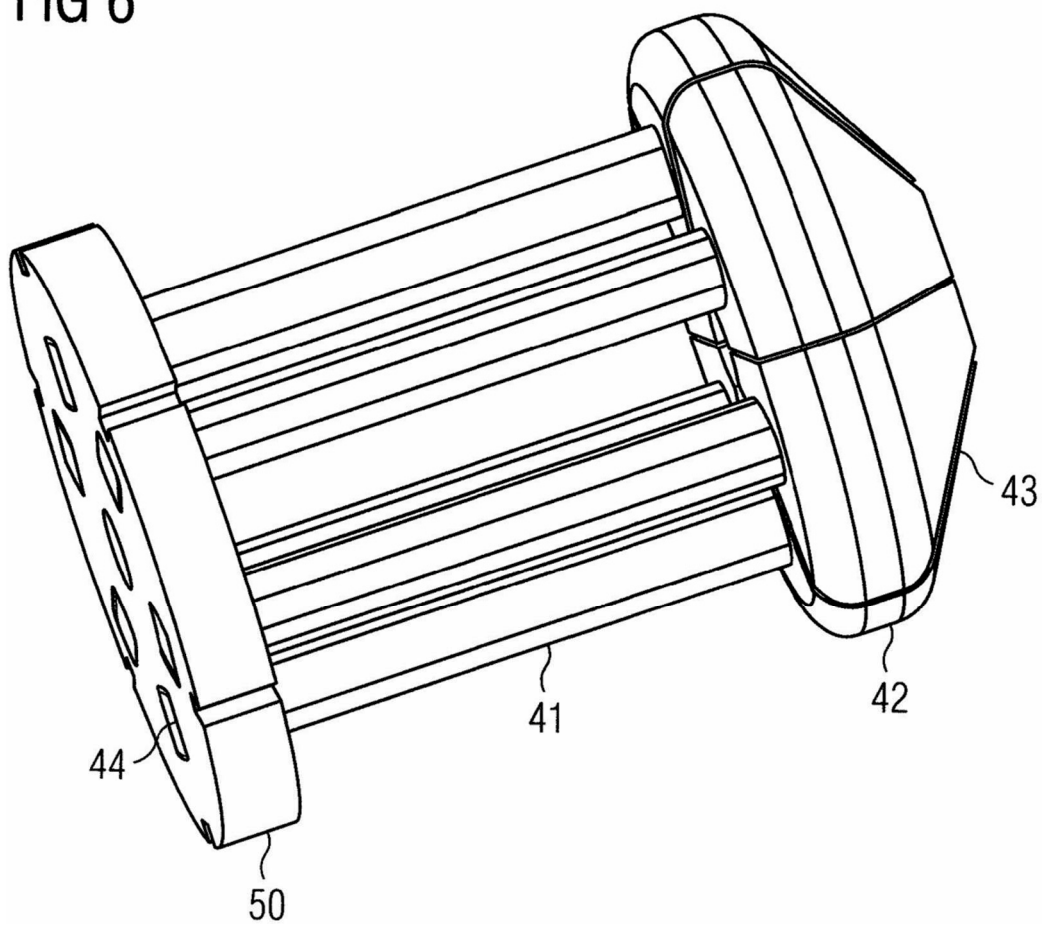


FIG 7

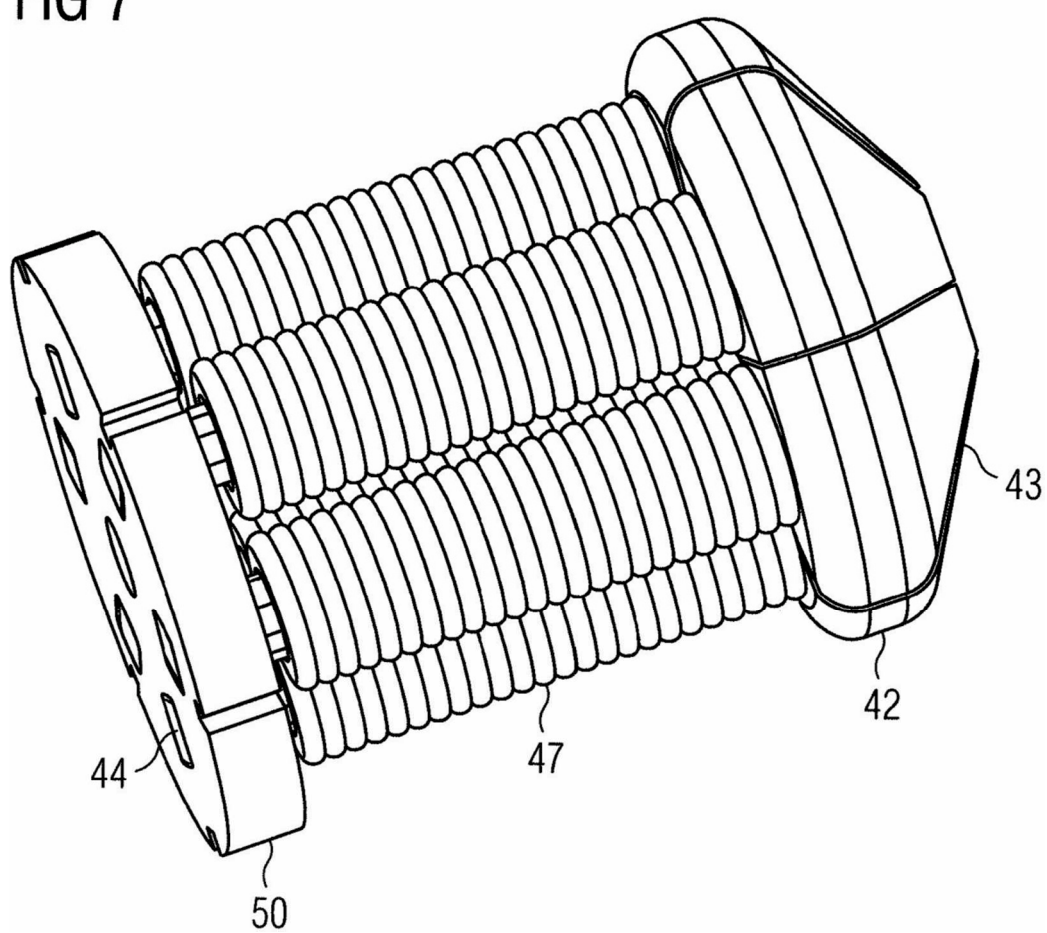


FIG 8

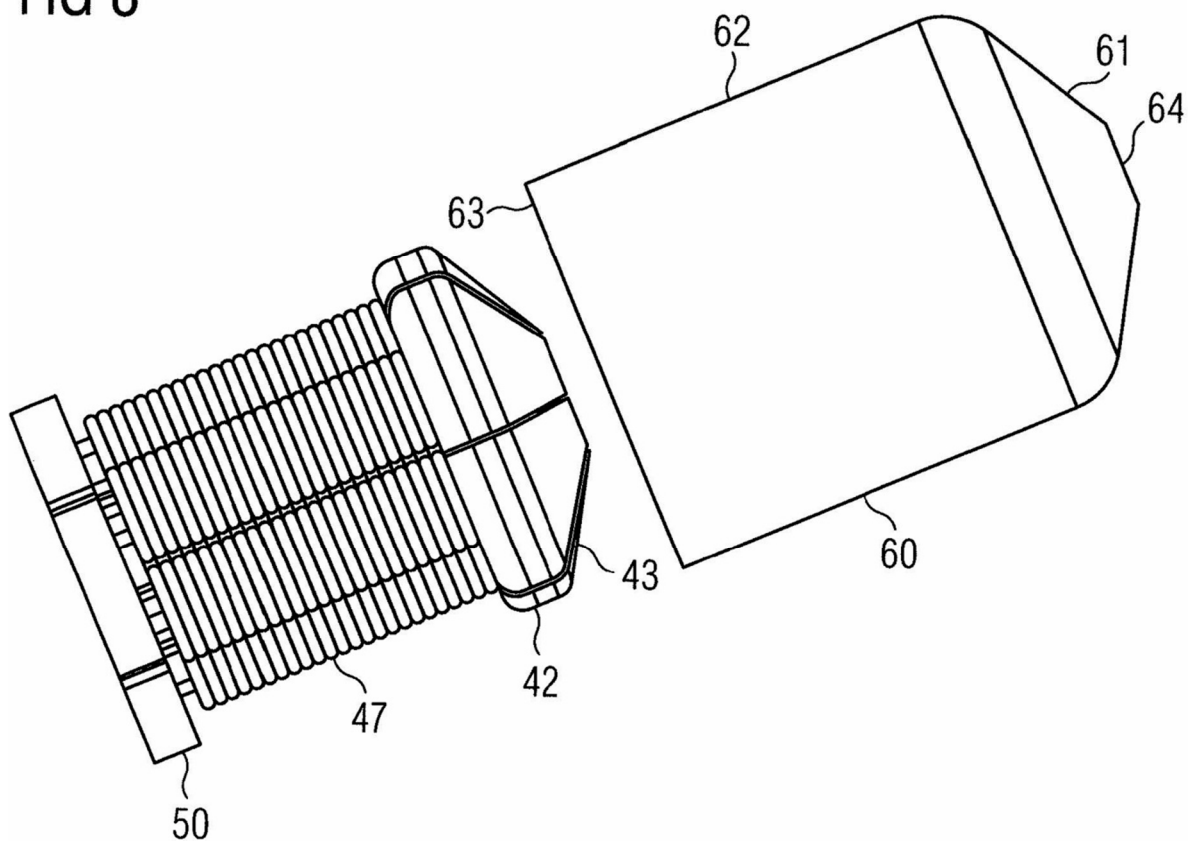


FIG 9

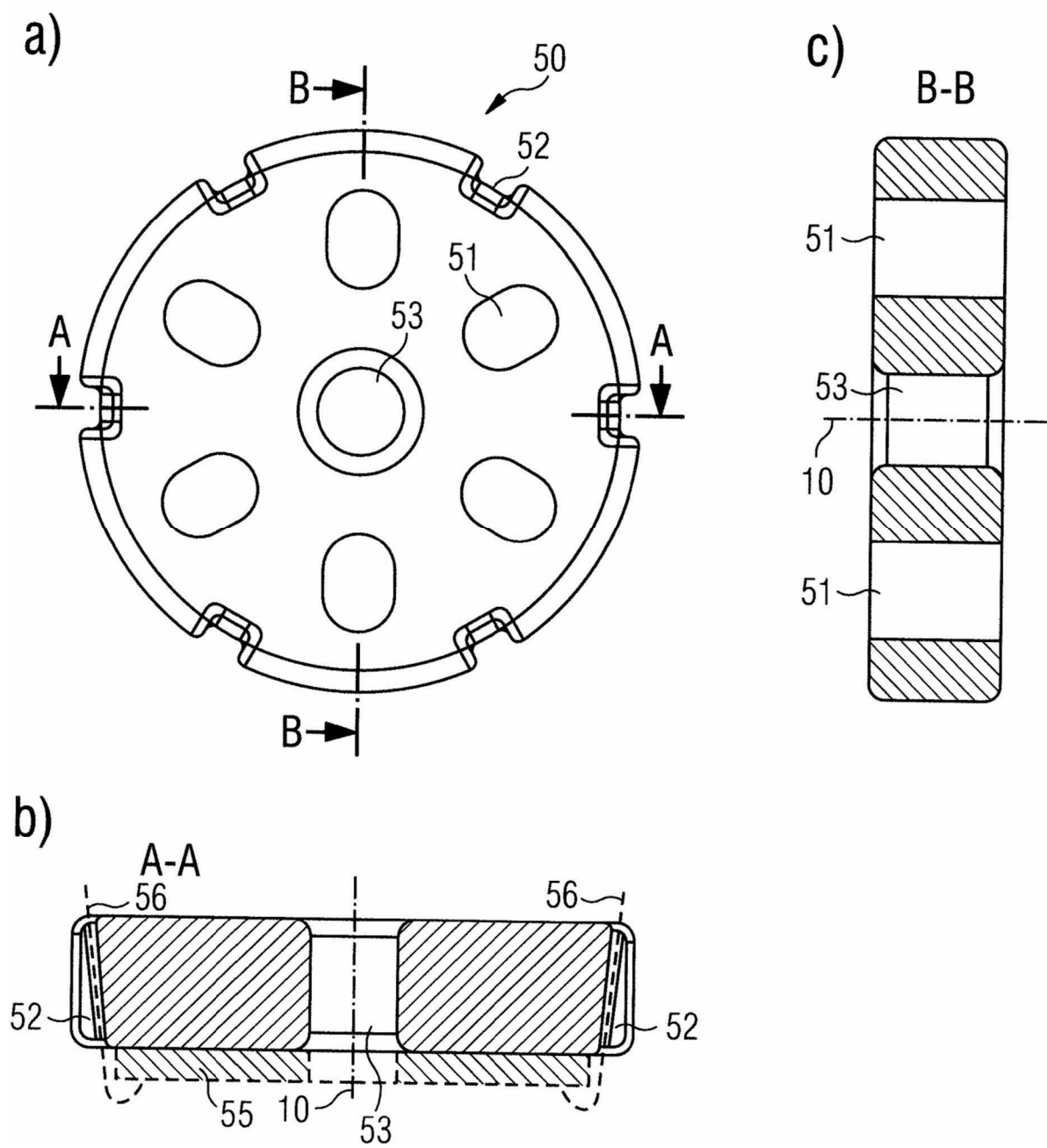
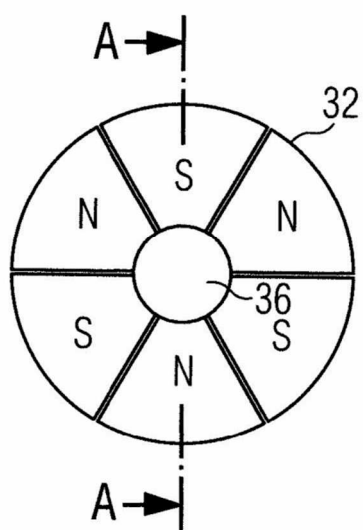
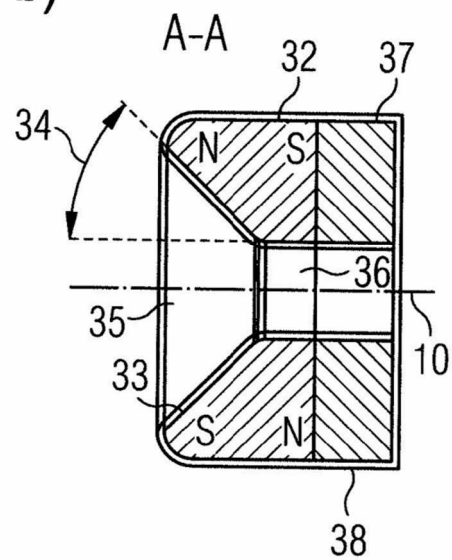


FIG 10

a)



b)



c)

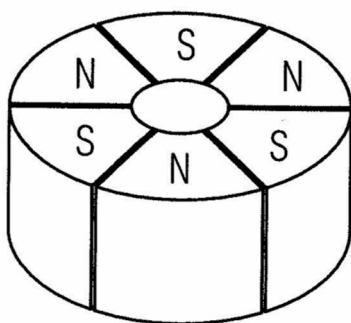


FIG 11

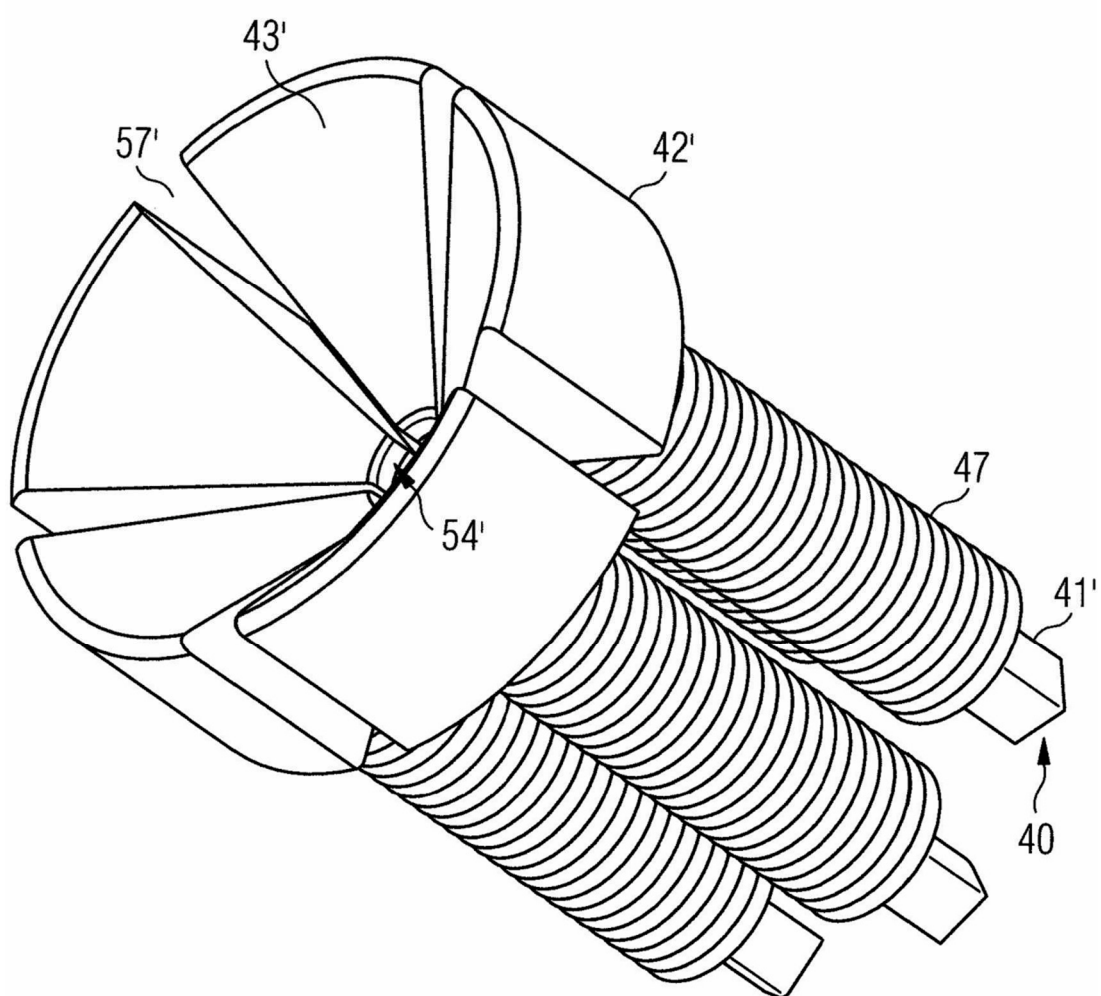


FIG 12

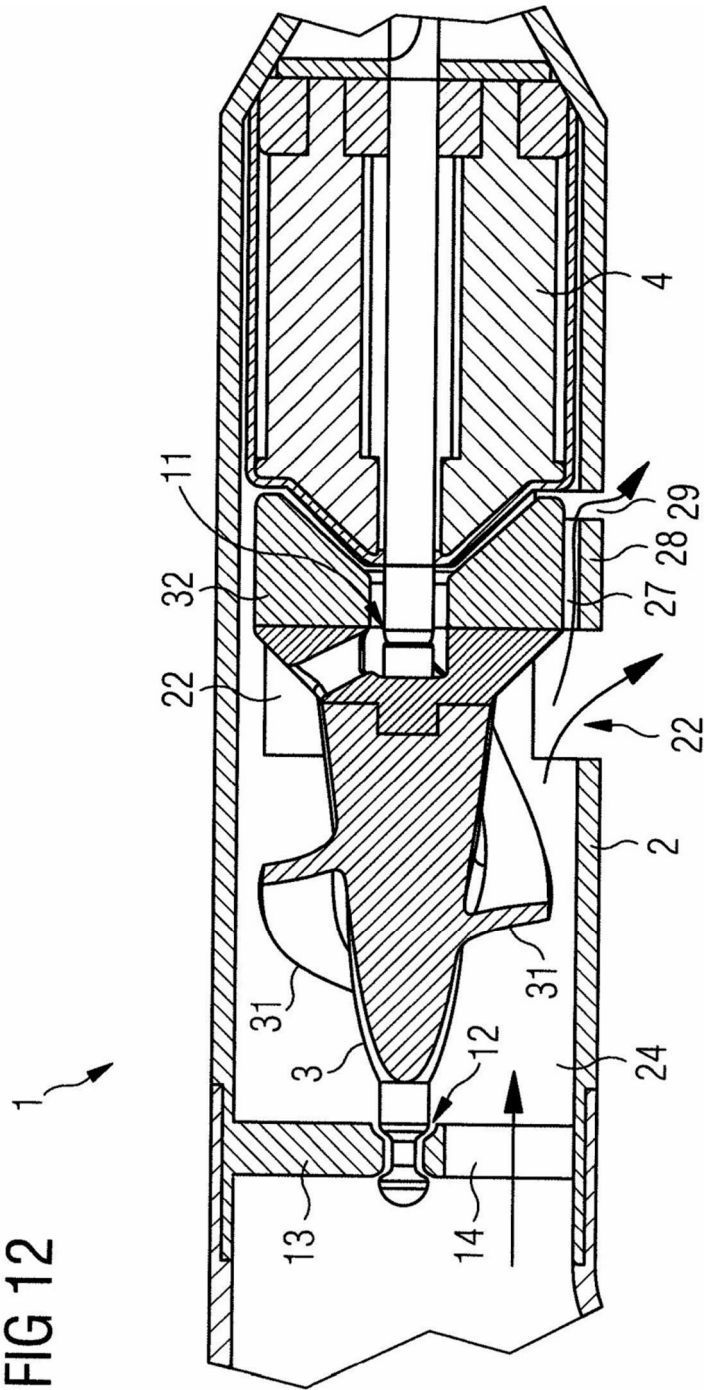


FIG 13a

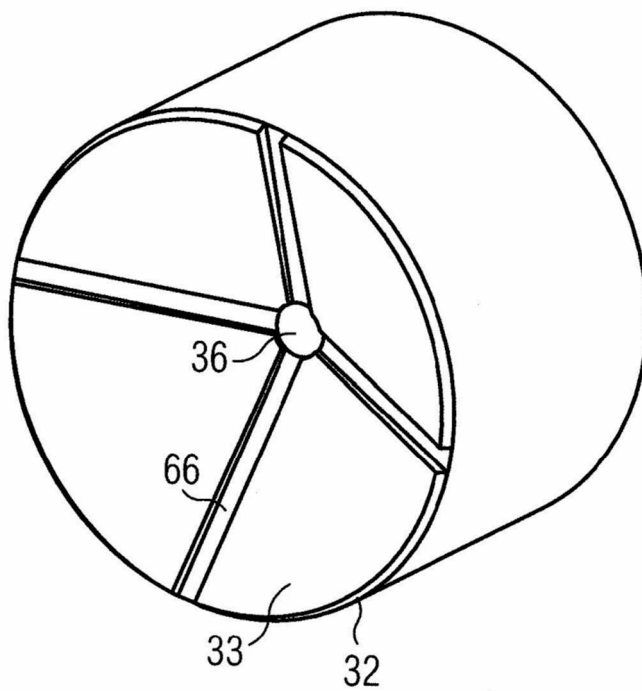


FIG 13b

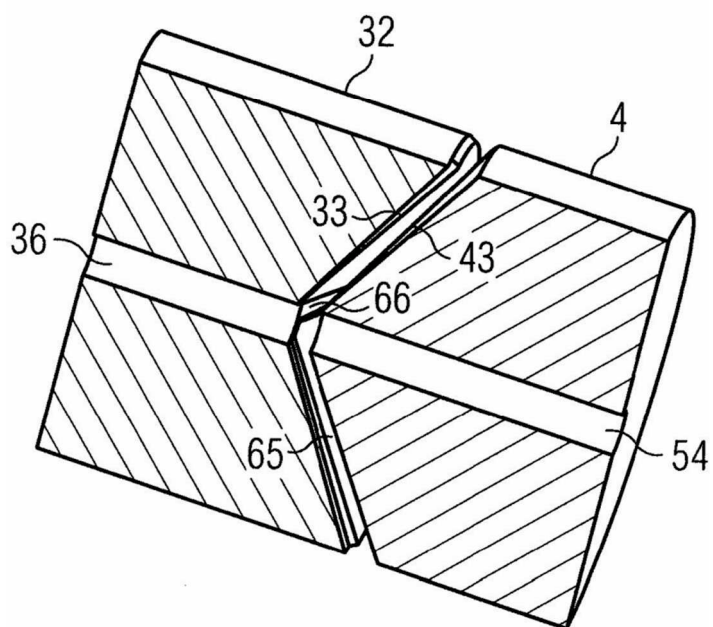


FIG 14a

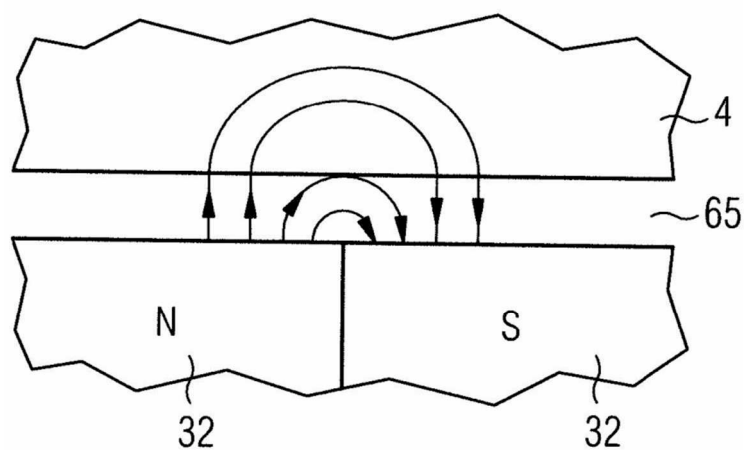


FIG 14b

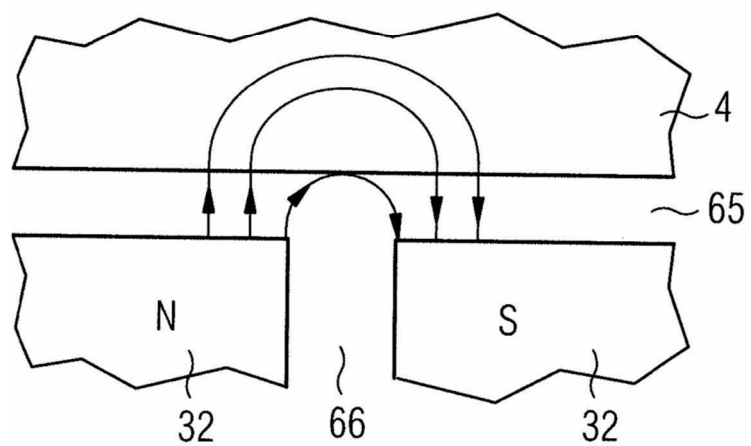


FIG 15

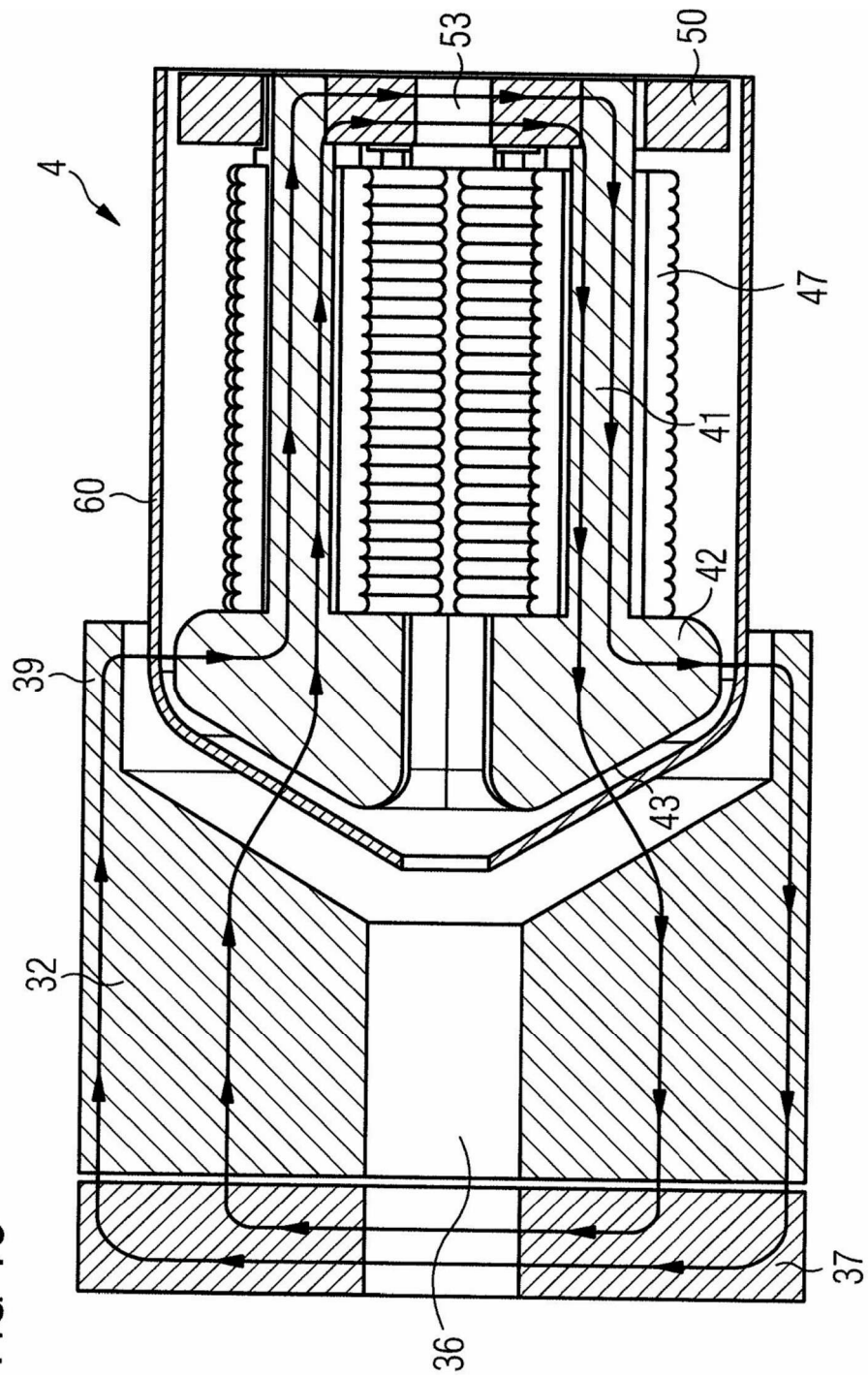


FIG 16

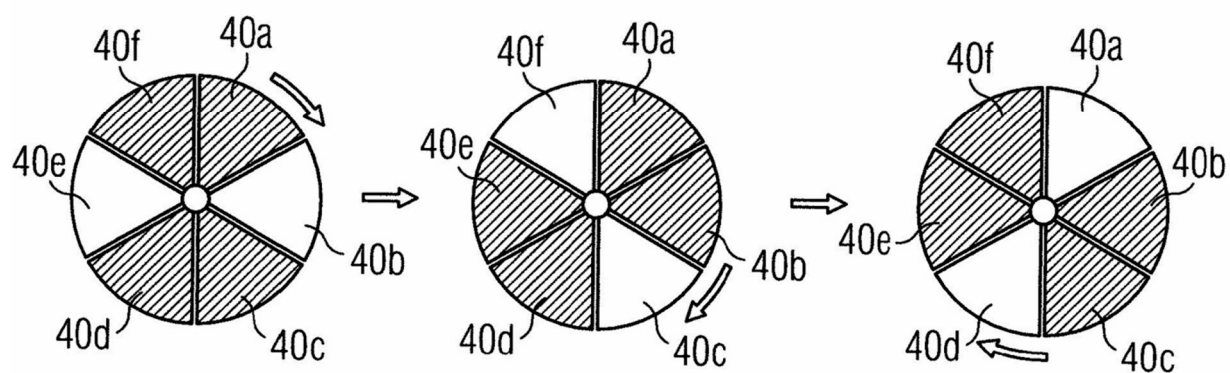


FIG 17

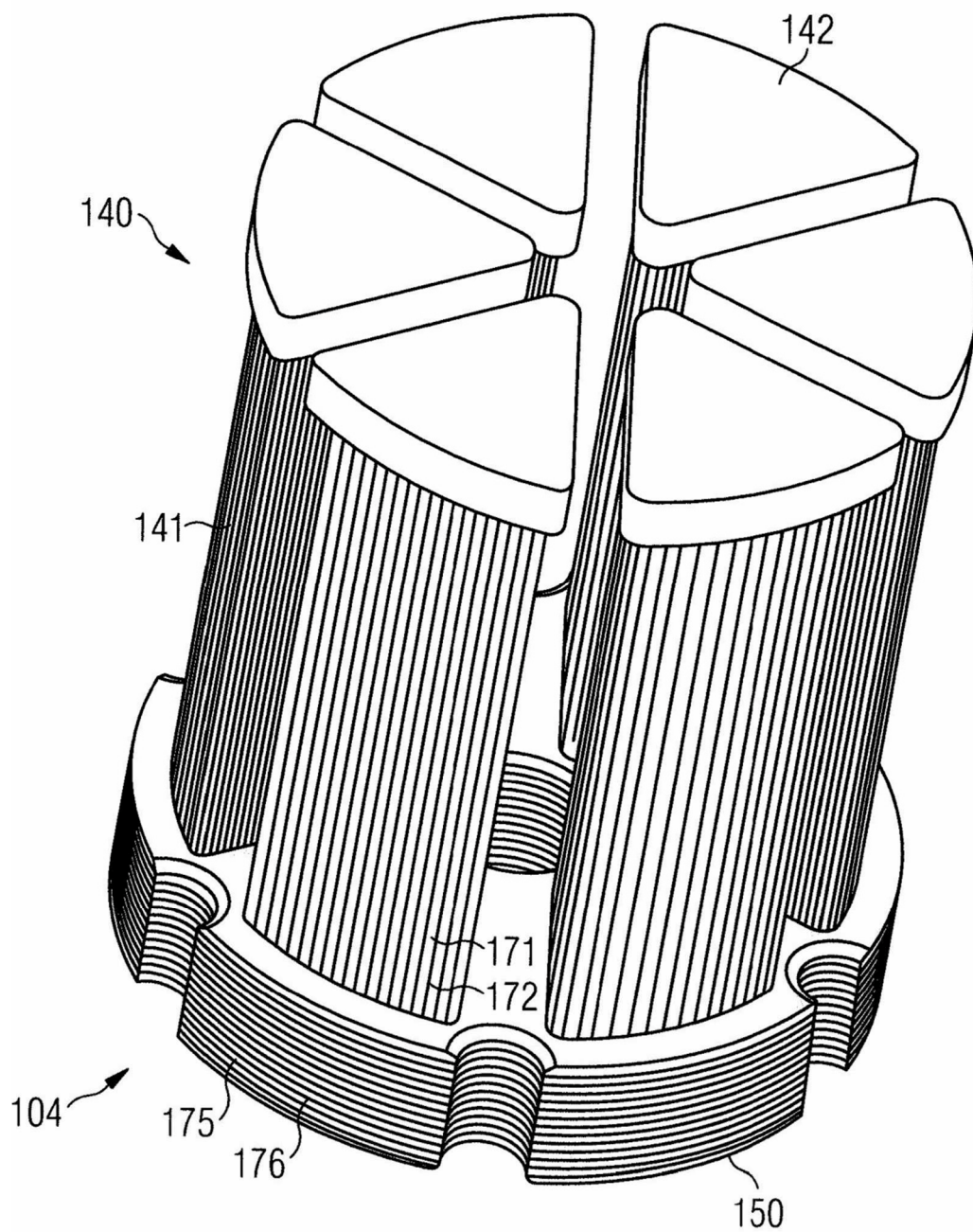


FIG 18

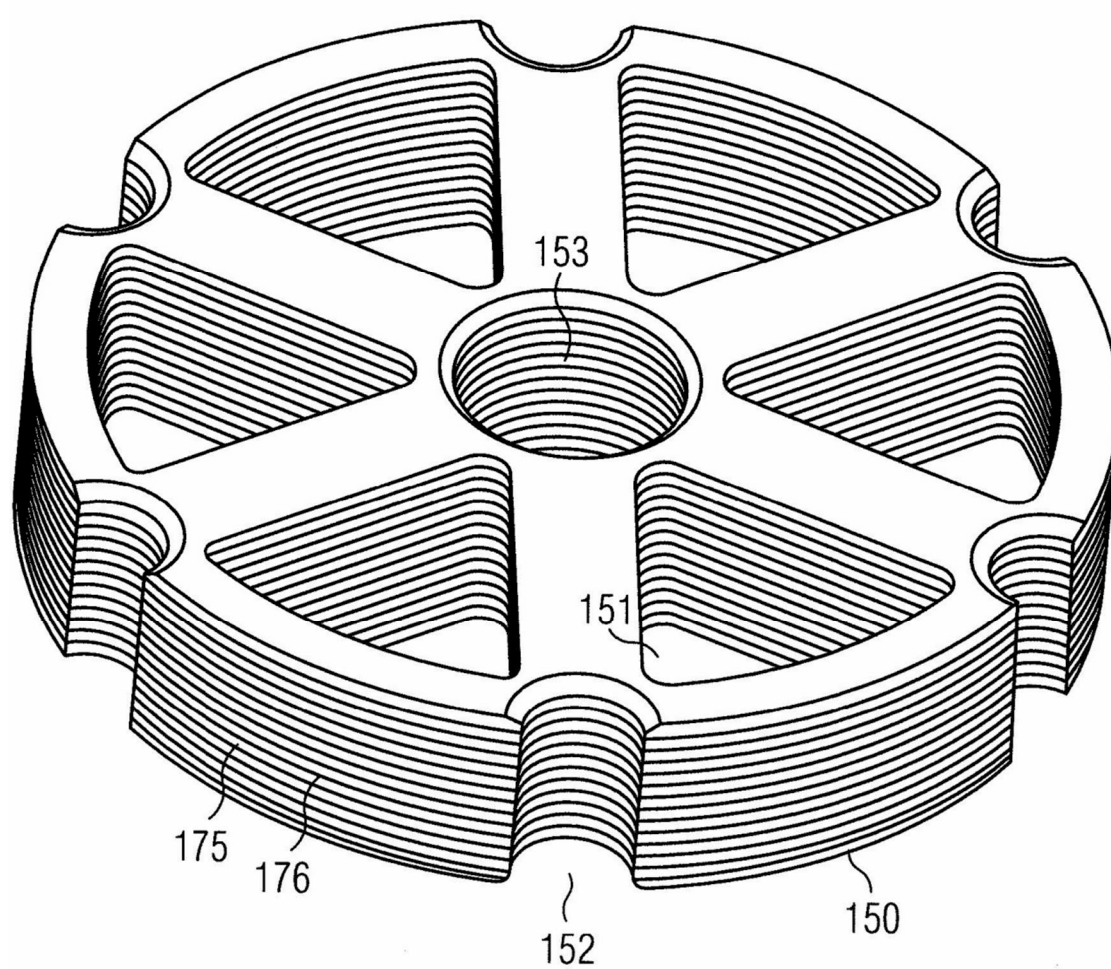


FIG 19a

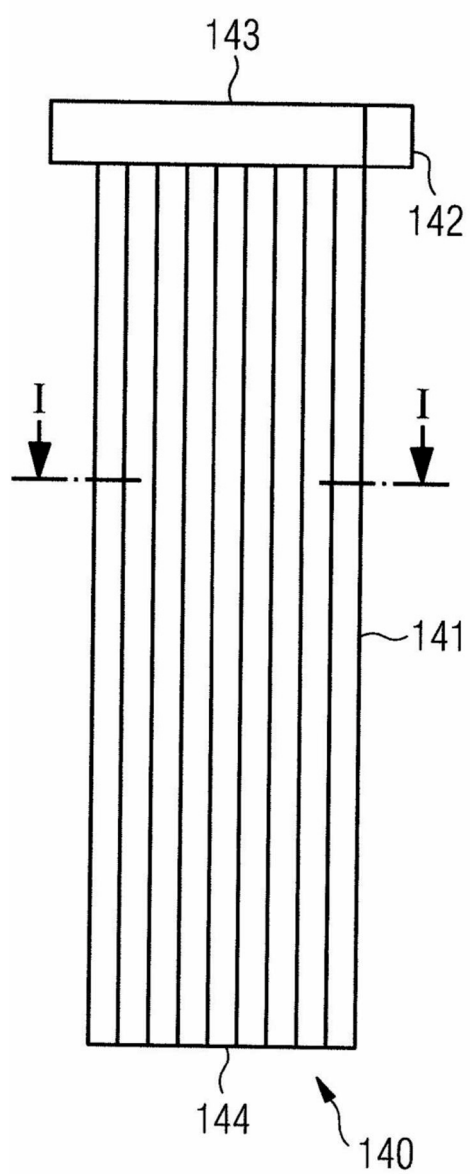


FIG 19b

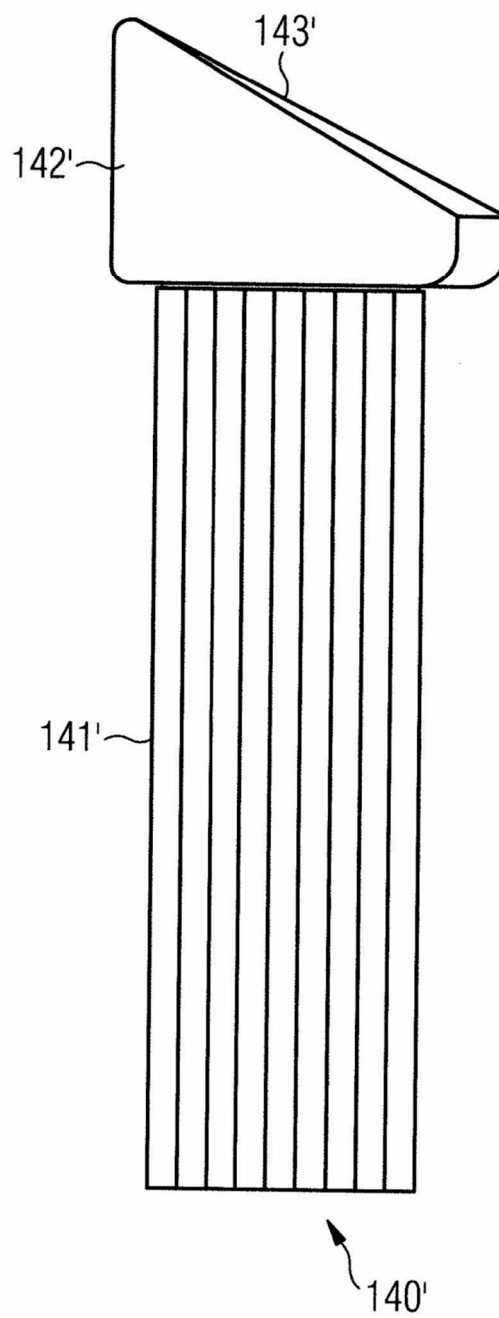


FIG 19c

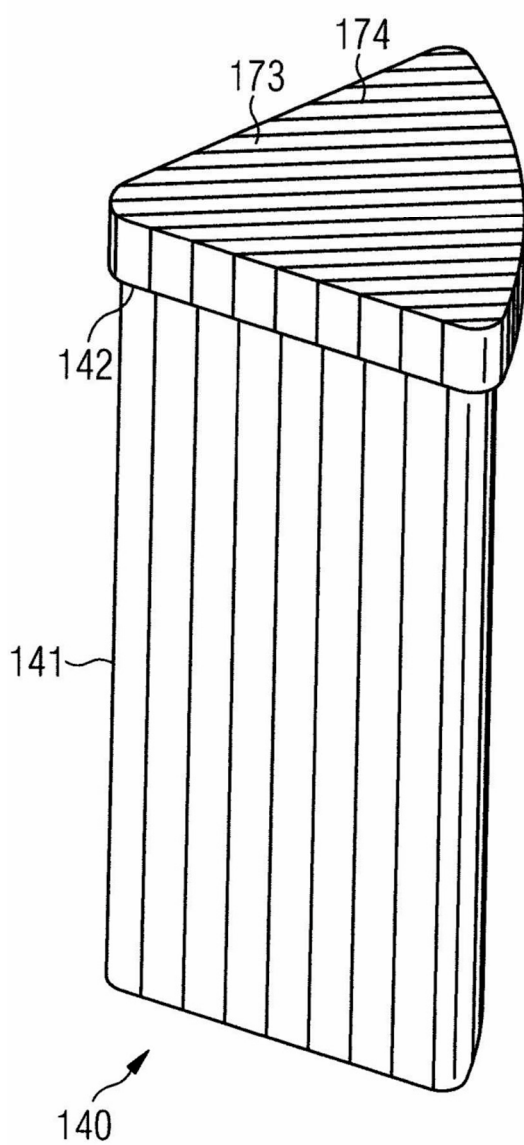


FIG 19d

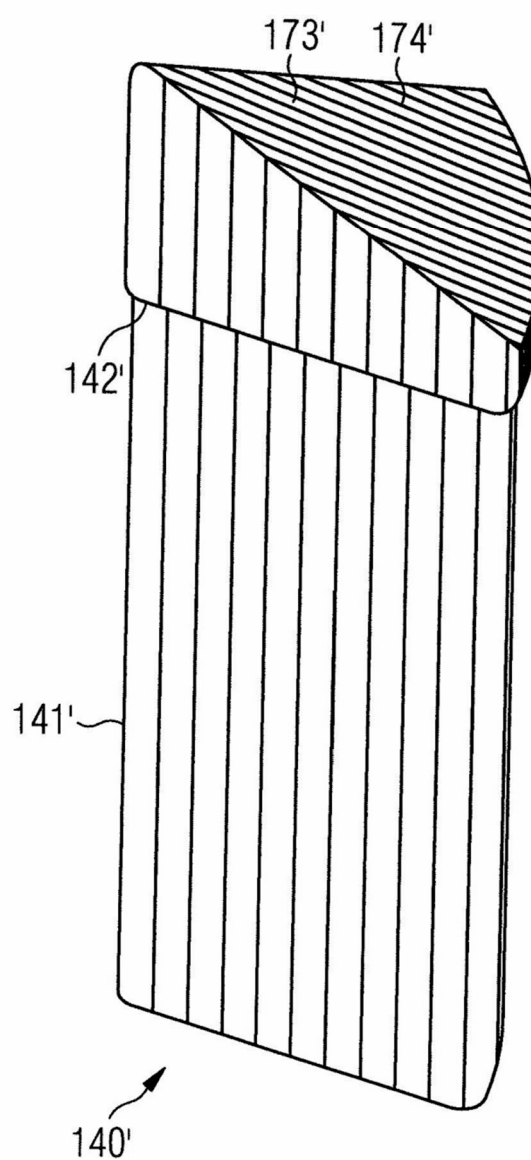


FIG 20a

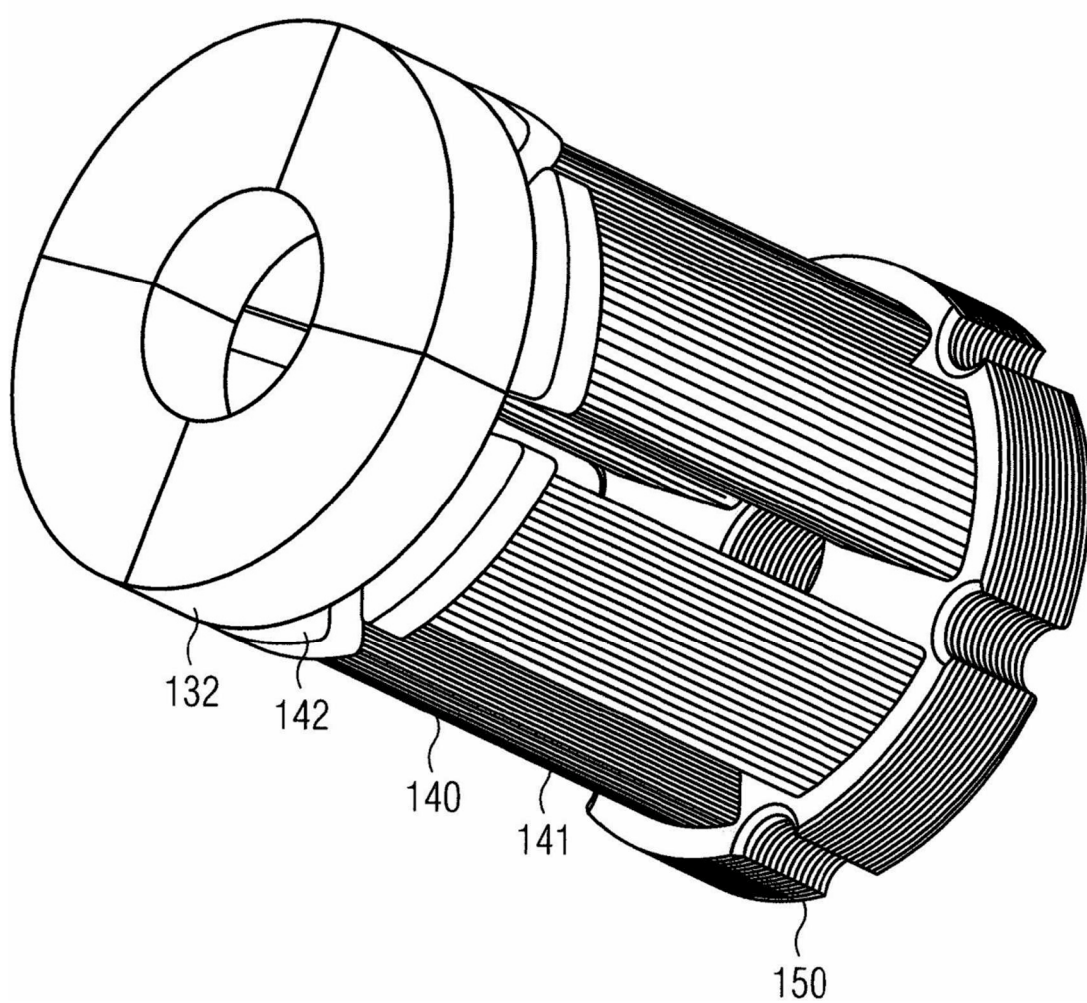


FIG 20b

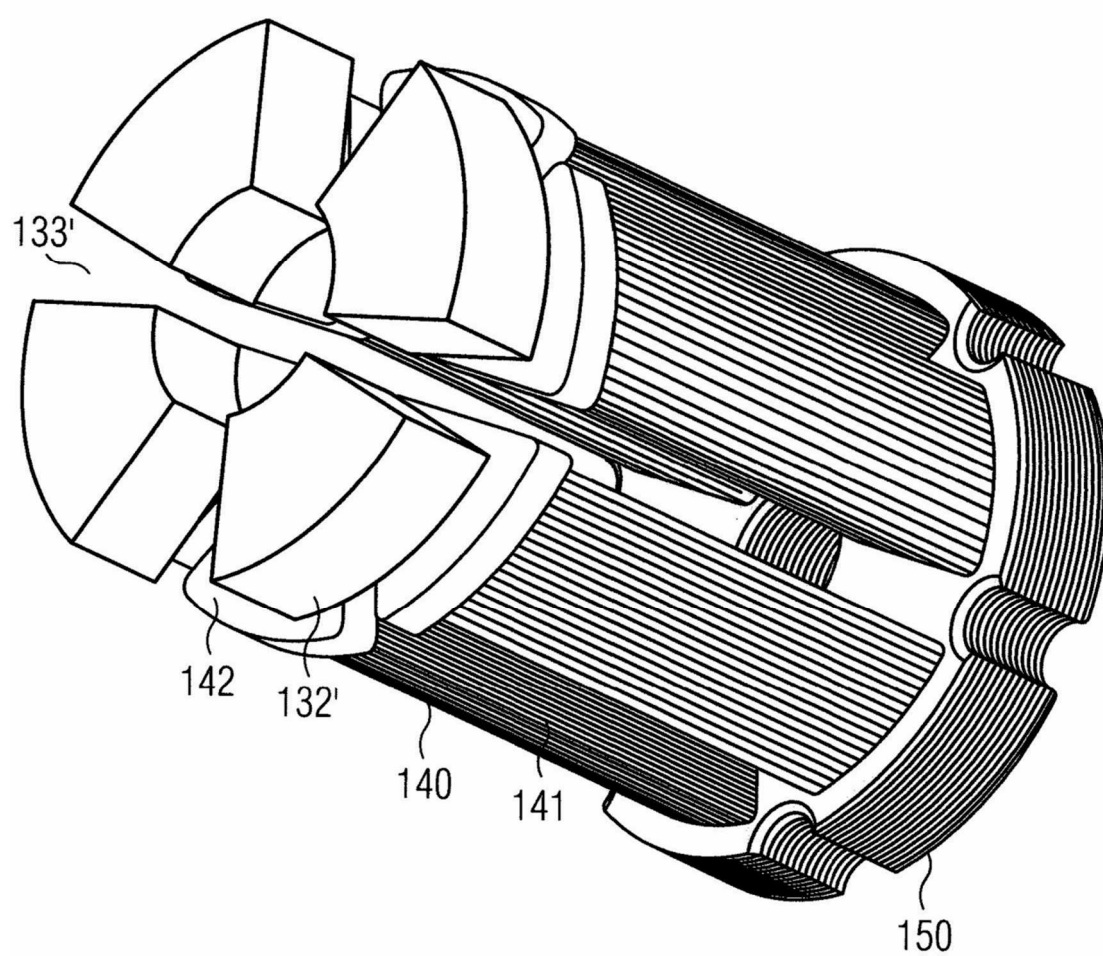


FIG 21a

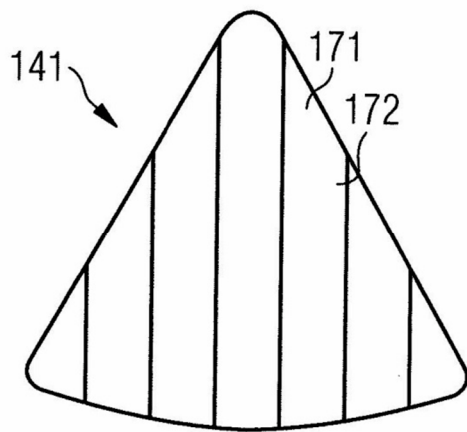


FIG 21b

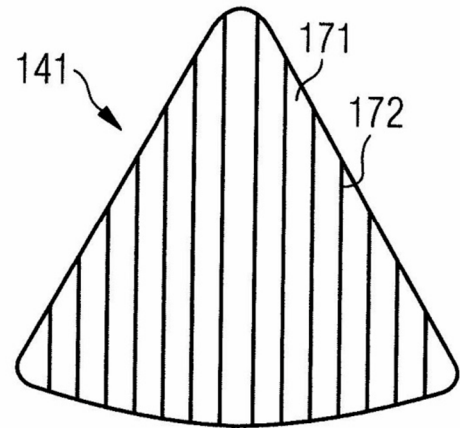


FIG 21c

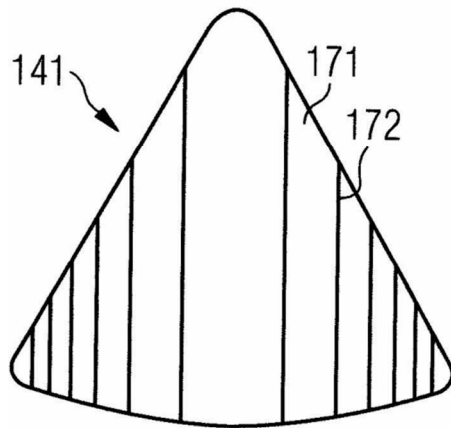


FIG 21d

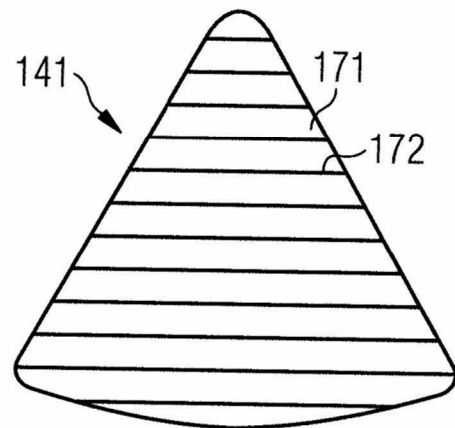


FIG 21e

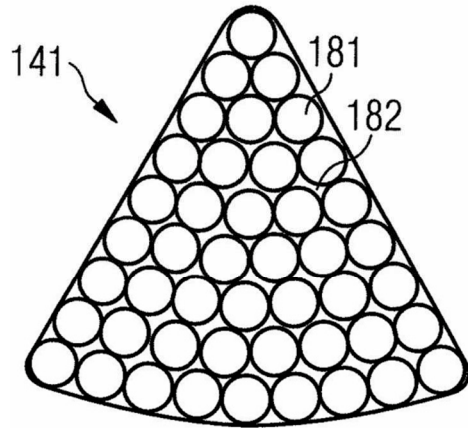


FIG 21f

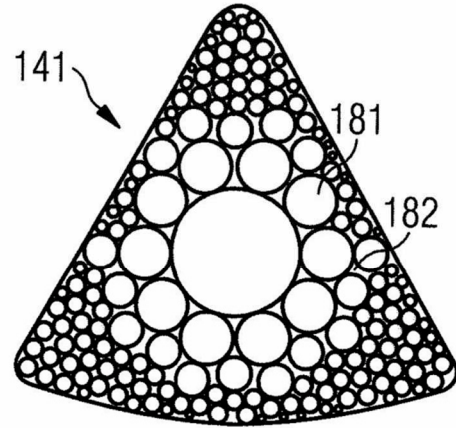


FIG 21g

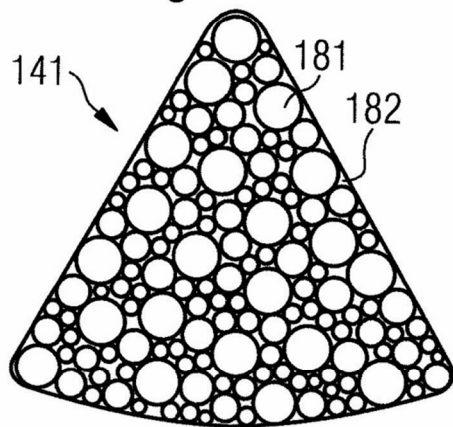


FIG 21h

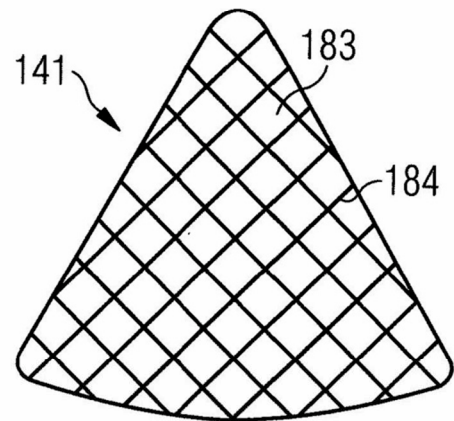


FIG 21i

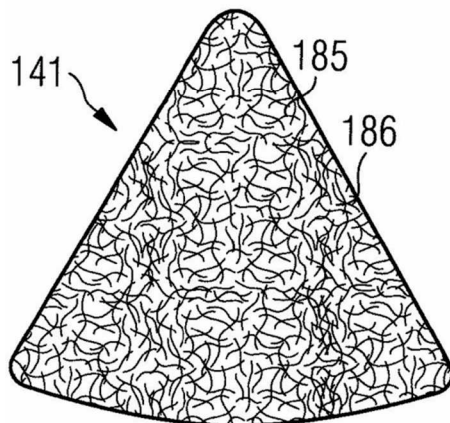
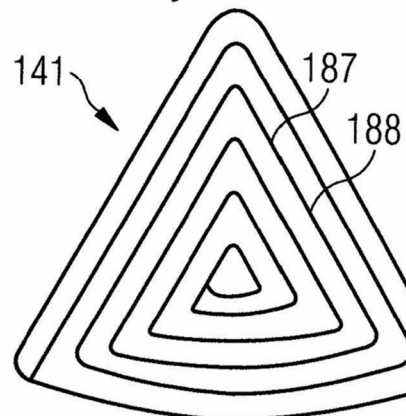


FIG 21j



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- US 20110238172 A1
- US 2014030122 A1